



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARAUZ PALACIOS
UNI - RUPAP
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Monografía

**"Análisis Técnico Económico de Pavimentos de Adoquín y Concreto
Asfáltico con Diseño de Drenaje Menor en el tramo de Carretera
Nueva Guinea Estación 0+000 hacia La Esperanza Estación 11+100".**

Para optar al Título

Ingeniero Civil

Elaborado por:

- Br. Carla Patricia Reyes González.
- Br. Iris Elieth González Reyes.
- Guillermo Antonio Reyes González.

Tutor:

Ing. Israel Morales.

Managua, Agosto 2013.

DEDICATORIA

Dedico la presente monografía a nuestro Dios y Salvador, el Señor Jesucristo, por haberme guiado hasta este punto de mi vida, por darme la fuerza necesaria para sobrellevar los problemas y no dejarme vencer, por su infinita misericordia y bendición, por regalarme los dones necesarios para cumplir con esta meta.

A mis Padres: Lic. Gonzalo Reyes Chow y a mi Madre Lic. Claudia Gloria González Delgado, por todo el amor, la entrega, sacrificio y apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi vida.

A la Lic. Gioconda Alvarado, por su valiosísimo apoyo, por brindarme su mano amiga en tiempos difíciles. Siempre le estaré agradecido.

A mi hermano Ing. Gonzalo Reyes González, por todo el apoyo y ánimo que siempre me brindó.

A mi tutor, Ing. Israel Morales, por la permanente disposición de compartir sus valiosos conocimientos y guiarme por todo el proceso de elaboración de esta monografía.

Guillermo Reyes González.

DEDICATORIA

Dedico este logro al creador de mi vida mi Padre Celestial Jehová Dios, a los padres que me regalo Gilberto González Espinoza y Yelba Reyes por su apoyo incondicional.

Agradezco al Decano de la facultad Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba, Ing. Claudia Reyes Romero y al Ing. Israel Morales, por haber contribuido a la culminación de mis estudios.

Iris Elieth González Reyes.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Claudia González

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Gonzalo Reyes

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos

Por estar siempre conmigo cuando he necesitado de su apoyo en todos los ámbitos de mi vida.

A mi tutor, Ing. Israel Morales

Por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta monografía.

A Gioconda Alvarado

Por su apoyo en los momentos difíciles y su motivación incansable para superarme como persona, estudiante y profesional.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes.

Carla Patricia Reyes González

RESUMEN DEL TEMA

El presente estudio fue realizado al tramo de carretera Nueva Guinea (Estación 0+000) hacia La Esperanza (Estación 11+100), localizado en el la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), el cual tiene una longitud total de 11.1 kilómetros. El tramo de carretera se encuentra codificado como la carretera NIC-71.

Realizar el análisis técnico de una alternativa de construcción no es información suficiente para una toma de decisión. Dado que los recursos económicos son escasos es necesario contar con más elementos de juicio con cuales apoyarse para tomar la decisión más acertada. Por tanto es necesario evaluar técnicamente al menos dos alternativas de construcción y entre estas alternativas determinar con cuál de ellas se obtienen mayores beneficios económicos.

El principal objetivo de este estudio fue calcular los espesores de las capas de pavimento con carpeta de rodamiento a base de Adoquines y Concreto Asfáltico cumpliendo con los requerimientos técnicos establecidos por el método de diseño de la ASSHTO 1993, y en base a los resultados de estos diseños determinar cuál de estas alternativas es la más rentable económicamente para su ejecución. Para la evaluación económica de las alternativas se utilizó el Software RED MODEL, elaborado por técnicos del Banco Mundial (BM). Con esto se brinda información técnica que puede ayudar a las autoridades competentes como el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a determinar la alternativa de inversión más adecuada para el tramo en estudio.

Para lograr este objetivo se requirió del análisis del estudio de tránsito, a través de conteos volumétricos realizados sobre la carretera durante doce horas diarias por tres días consecutivos. Estos datos fueron expandidos a TPDA y fue utilizado para determinar el tránsito de diseño de la carretera, elemento fundamental para determinar los Ejes Equivalentes de carga.

Así mismo se hizo uso del análisis del estudio de suelos. En general a lo largo de la vía la sub-rasante está conformada en su estructura estratigráfica por suelos naturales cohesivos que se clasifican como arcillas del Tipo A-7-5 con Índices de Grupo principales 15, 17, 13 y 16 respectivamente, los cuales se encuentran tanto en la superficie como en los estratos bajos del suelo. En su granulometría estos suelos son muy finos ya que las partículas que pasan la malla 200 oscilan entre el 56 y 92% de sus componentes. La capacidad soporte de estos suelos es muy baja, teniendo valores de 3 % a 7% de CBR, en sus grados de compactación de 90 y 95%.

Con respecto a las fuentes de materiales, se encontraron 10 bancos de préstamos cercanos al proyecto. Para conformar la base del pavimento se utilizará material del banco No. 1-A, estabilizándolo con cemento en una dosificación del 5%. Para la capa Sub Base se empleará material en su forma natural de los Bancos No. 2 y No. 5, cuyos suelos están clasificados del tipo A-2-6(0) y A-2-4(0) respectivamente. Para la Subrasante se analizaron dos variantes, la primera consiste en construir sobre el material existente, y la segunda es retirar el material actual de la Sub Rasante y rellenar con material de los Bancos No. 4 y No. 8 en su estado natural. Los estudios de tránsito y de suelos fueron fundamentales para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento, los cuales fueron determinados mediante el uso del Software PAS en ambiente Windows (WINPAS).

Se realizó el diseño y evaluación del drenaje menor (alcantarillado) existente, compuesto por 6 alcantarillas de distintos diámetros. En el estudio hidrológico, la delimitación de las áreas de las cuencas se hizo a través de los planos geodésicos proporcionados por INETER, los cuales fueron digitalizados en el programa AutoCad 2008 y se determinó el área y longitud de las cuencas requeridas. Los cálculos hidrológicos se realizaron utilizando el método racional, cuyos resultados fueron tomados como base para el diseño hidráulico de las alcantarillas existentes.

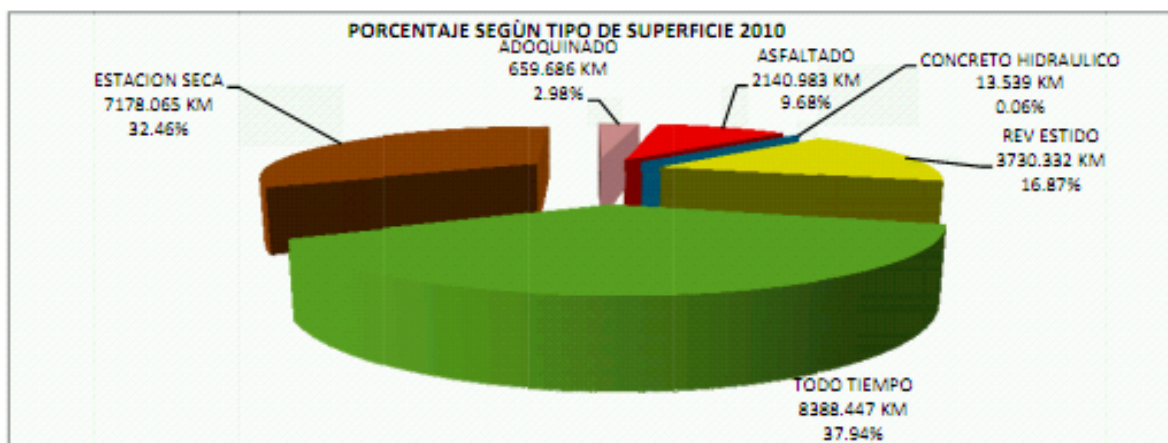
CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

La Red Vial es un indicador que está ligado estrechamente al desarrollo socioeconómico de un país, a través de este se puede establecer su dinámica económica, el volumen de exportaciones, la producción agropecuaria, etcétera. En Nicaragua, la red vial es muy importante dado que el transporte terrestre sobre carreteras es el principal modo en el cual se movilizan las diferentes personas para realizar sus actividades cotidianas, ya sean productivas, recreativas o de cualquier índole. Asimismo, sobre las carreteras se trasladan los bienes y mercancías que se distribuyen a nivel nacional e internacional. A nivel regional, Nicaragua también forma parte del corredor comercial que une a los países centroamericanos y constituye una de las más importantes formas de comunicación.

Actualmente, de acuerdo al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la Red Vial Nacional de Nicaragua está conformada por 22,111.052 kilómetros (km), de los cuales 2,814.208 km son pavimentados y 19,296.844 km no pavimentados¹. En el gráfico 1 se muestra los porcentajes de distribución según el tipo de superficie a nivel nacional.

Gráfico 1
Porcentaje de distribución de la red vial



Fuente: MTI. Dirección General de Planificación, DGP. 2011.

¹ MTI. Dirección General de Planificación, DGP. 2011.

Mediante el presente estudio se ha considerado la importancia de realizar el análisis Técnico - Económico de dos alternativas de Estructura de Pavimento: Adoquín y Concreto Asfáltico al tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, a través del cual nos permita seleccionar la opción de pavimento más adecuada, tanto en términos técnicos como en rentabilidad económica, para una futura construcción.

El tramo de carretera se encuentra ubicado en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), teniendo su inicio (Estación 0+000) en donde finaliza el adoquinado existente en el pueblo de Nueva Guinea y finalizando en el poblado de La Esperanza (Estación 11+110), (Ver anexo I, pág. 189). El tramo de carretera forma parte de la carretera NIC-71, interconectándose con la carretera NN-133.

La carretera en la actualidad tiene un ancho de rodamiento que varía de 6 a 8 metros y un derecho de vía que varía entre los 25 y 30 metros de ancho. El estado de la misma es regular, con algunos sub-tramos que se encuentran en mal estado. La superficie de rodamiento deja ver que ha sido tratada con algún tipo de mantenimiento, ya que se observa que en algunos sub-tramos ha sido revestida con material selecto de bancos de préstamo.

1.2 JUSTIFICACION

Es evidente que con la construcción de este carretera se ayudará a mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de las comunidades localizadas en los sectores aledaños a ella, integrándolos de forma expedita a la economía regional; de forma que este corredor servirá como otra alternativa para los desplazamientos de los pobladores y bienes que se generan o atraen, formando parte de las facilidades de la vía y que por su localización la transforma en una vía estratégica para la interconexión entre los Municipios de Rama, Bluefields, Juigalpa, interconectándolas con la Carretera NIC-7, permitiendo ahorros sustanciales de tiempo, distancia de viaje, costos de

operación vehicular de transporte y reduciendo los riesgos de accidentes de tránsito para el transporte vehicular en su conjunto.

A través del mejoramiento de esta carretera los productores locales podrán tener una nueva perspectiva de desarrollo, constituyendo en sí mismo un incentivo para aumentar la producción dado que se reducirán las pérdidas en la producción derivadas por el mal estado de la vía, las cosechas se podrán sacar a tiempo, no habrá problemas en el acceso de la maquinaria necesaria para la cosecha o siembra, entre otros factores. En este proyecto en particular esto es muy importante dado que la zona tiene mucho potencial agrícola y pecuario. Actualmente las comunidades aledañas a la carretera basan su economía en la agricultura y ganadería, principalmente en la siembra de granos básicos, como maíz, frijol y arroz; al igual que quequisque y musáceas. Asimismo se dedican a la producción de carne y leche.

Conforme al Plan Nacional de Transporte (PNT) finalizado a principios del año 2001, el sector transporte da una especial prioridad al mejoramiento de las rutas que contribuyen a la integración de las regiones marginadas. Esta carretera formará parte de la ruta pavimentada que unirá la Región Pacífico con el Atlántico, desde Nueva Guinea pasando por la Esperanza hacia Naciones Unidas finalmente empalmando con Bluefields.

Este tramo de carretera forma parte del Programa de Inversiones en lo que respecta a Infraestructura Vial, en el que se considera la idea de ir preparando las condiciones para que Nicaragua pueda recibir tránsito internacional por el Océano Atlántico al preverse la construcción de un puerto internacional de aguas profundas en Monkey Point, RAAS, además de la inminente mega inversión que constituiría el gran Canal Interoceánico en Nicaragua.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General:

- Realizar el Análisis Técnico - Económico de pavimentos de Adoquín y Concreto Asfáltico en el tramo de carretera Nueva Guinea - La Esperanza (11.1 km), el cual permita seleccionar la opción de pavimento más óptimo para su construcción.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Realizar el Estudio de Tránsito en base a resultados de aforos vehiculares realizados en el proyecto.
- Analizar los Estudios de Suelos a lo largo de la vía y de los Bancos de materiales cercanos al sitio del proyecto.
- Diseñar los espesores de las diversas estructuras de pavimento por el método ASSHTO 1993, al Tramo de Carretera Nueva Guinea - La Esperanza (11.1 km).
- Efectuar una Evaluación del estado de las obras de drenaje menor (Alcantarillas) encontradas sobre el tramo en estudio y, si aplica, proponer el diseño para el mejoramiento de las mismas.
- Realizar el Análisis Económico del Proyecto a través del software RED Model.

CAPITULO 2: ESTUDIO DE TRANSITO

2.1 Conceptos Generales del Estudio de Tránsito

2.1.1 Estudio de tránsito

Un estudio de Transito permite analizar las características y el comportamiento de la circulación vehicular sobre un tramo de carretera. A través de este estudio se logra determinar el volumen de transito que actualmente tiene una determinada carretera, discriminado por tipología vehicular, así como para estimar el volumen de tránsito futuro que tendrá la vía. Estos elementos tienen una gran importancia en el diseño de una carretera ya que los datos obtenidos en este estudio son fundamentales para determinar las características estructurales de una carretera. Por esta razón es que su adecuada cuantificación es indispensable para obtener buenos resultados en la ejecución de un proyecto de infraestructura vial.

La información que se requiere para determinar el tránsito en una determinada vía, con el propósito del diseño de la estructura de pavimento, es su promedio diario y su discriminación por tipo de vehículo.

Es de suma importancia a la hora del diseño de la carretera contar con la información más precisa posible del tránsito sobre la misma, ya que de lo contrario, con datos imprecisos, se obtendrían diseños inseguros o con un grado significativo de sobre diseño que elevarían de gran manera los costos de construcción de la alternativa de pavimento que se haya elegido ejecutar. Por tal razón es que el personal encargado del trabajo de levantamiento de información en campo y del trabajo posterior en gabinete debe estar capacitado para ello, ya que esta parte es muy importante en cuanto a si el proyecto será exitoso o no.

2.1.2 Métodos de muestreo

Los métodos de muestro del tránsito tienen por objetivo medir la cantidad de vehículos que circulan por un punto determinado de una carretera así como determinar las características específicas de los vehículos, es decir la composición vehicular del tránsito. Esta composición vehicular consiste en indicar que cantidad de vehículos del total de transito pertenecen a cada una de las categorías vehiculares.

En dependencia del tipo de proyecto que se desee ejecutar, ya sea la construcción de una carretera nueva o bien se persiga el mejoramiento o rehabilitación de una carretera ya existente, se elige el método de muestreo que se utilizará en el proyecto.

En el caso de una carretera nueva, dado que no existe transito sobre la misma no es posible efectuar conteos vehiculares, por tanto lo que procede es estimar un volumen de tránsito que se supone transitará sobre la carretera cuando se encuentre en la fase de operación. Para esto se deben analizar carreteras que posean características similares a la que se pretende construir. Asimismo se debe tomar en cuenta similitudes en las características socioeconómicas dentro del área de influencia en que se ejecutara el proyecto, con datos tales como producción agrícola, producción pecuaria, áreas con vocación turística, población, etc., ya que todas estas variables son de mucha importancia en la generación de tránsito.

Si se trata de una carretera ya existente, lo que se realiza es un conteo o aforo vehicular, el cual consiste en determinar la cantidad de vehículos, discriminado por tipo, que circulan sobre esta carretera en un determinado tiempo. Estos conteos o aforos que se realizan en las carreteras constituyen un insumo muy importante a la hora de realizar proyecciones en el crecimiento futuro del tránsito, además sirven de base para un plan de desarrollo e inversiones en infraestructura vial.

2.1.2.1 Modalidades utilizadas para realizar aforos de tránsito

Las modalidades que comúnmente son utilizadas para realizar aforos de tránsito son:

Aforos Manuales: Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

Aforos de Cordón: Se entiende por este tipo de aforos a la contabilización de todos los vehículos y las personas que entran o salen de una zona (área acordonada) durante un día típico.

Contadores Mecánicos: Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias.

Contadores Portátiles: Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo.

2.1.3 Estaciones de conteos vehiculares en Nicaragua

2.1.3.1 Antecedentes

En el año 2009 existían 589 estaciones de conteo en el país y estaban clasificadas generalmente en base a la estructura de pavimento y el rodamiento presente en la carretera donde se encontraba la estación. Su clasificación era la siguiente:

- a) Estaciones Permanentes
- b) Estaciones de Control
- c) Estaciones Sumarias

Las estaciones permanentes se encontraban en la red troncal principal y en ellas se realizaban conteos de 7 días seguidos por 24 horas, dos veces al año, una vez en invierno y otra en verano.

Las estaciones de Control se encontraban en carreteras pavimentadas, ya sea pavimentos de adoquín o asfalto, donde el tránsito era menor que las estaciones permanentes.

Las estaciones sumarias se encontraban en carreteras no pavimentadas donde el flujo vehicular era moderado.

2.1.3.2 Situación Actual

Al igual que en el año 2009 actualmente existen un total de 589 estaciones de conteo de tránsito, sin embargo en el año 2010 el Sistema de Conteo de Tránsito sufrió una reestructuración con el fin de establecer niveles más aceptables de confiabilidad y calidad en la información generada.

Para llevar a cabo esta reestructuración y mejora del sistema, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), bajo el auspicio del Programa de Apoyo al Sector Transporte (PAST) del Gobierno Real de Dinamarca, utilizó una nueva metodología en la cual se incluía la obtención de vectores de correspondencia y su clasificación, a través de los cuales se identificaron las afinidades existentes entre las estaciones de conteo largo (Permanentes) y las estaciones de conteo corto (Control – Sumarias). En base a estos vectores se determinó la Dependencia de las Estaciones, que no es más que identificar cual estación de Mayor Cobertura debe servir de referencia para determinadas Estaciones de Corta Duración o Control Sumaria.

Definidos los vectores de correspondencia y sus rangos, se realizó una nueva clasificación de las estaciones de conteo en base a la tipología y función, manteniendo como referencia la ubicación actual de las estaciones, siendo la nueva clasificación la siguiente:

- a) Estaciones de Mayor Cobertura
- b) Estaciones de Corta Duración
- c) Estaciones de Conteo Sumarias

➤ **Estaciones de Mayor Cobertura**

Son las estaciones donde se realizan conteos vehiculares durante tres periodos en el año, de 24 horas durante 7 días consecutivos cada periodo.

➤ **Estaciones de Corta Duración**

Se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos vehiculares reportados (TPDA) son mayores de 300 vpd.

➤ **Estaciones de Conteo Sumarias**

Son las estaciones donde los flujos vehiculares reportados (TPDA) son menores de 300 vpd.

Para las estaciones de corta duración y las de conteo sumarias se realizan conteos clasificados por 12 horas continuas por tres días consecutivos con un intervalo de conteo de cada dos años.

2.1.4 Tránsito Promedio Diario (TPD)

Es definido como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de tiempo determinado. Este periodo de tiempo deberá ser mayor de un día y menor o igual a un año. El TPD se calculará mediante la ecuación 1, mostrada a continuación.

$$TPD = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde **N** representa el número de vehículos que pasan durante **T** días. ($1 < T \leq 365$) De acuerdo al número de días del periodo, se presentarán los volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día.

2.1.5 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual se define como el número total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera durante un año, dividido entre los 365 días del mismo y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

TA: Volumen de tránsito anual

Es muy importante hacer notar que el TPDA constituye un indicador numérico de vital importancia para el diseño de carreteras, por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Además el TPDA indica la cantidad de vehículos por tipología (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que hacen uso de la carretera y que continuarán haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada.

2.1.5.1 Factores de Ajustes

Con el fin de poder estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de los datos obtenidos de los conteos realizados en las estaciones de Corta Duración o Conteo Sumaria, de acuerdo a la nueva metodología utilizada por el MTI, la cual se encuentra en detalle en el Anuario de Tránsito del año 2010 del MTI, se aplicarán los factores correspondientes de los valores de volúmenes de

transito encontrados en las estaciones de mayor cobertura, en base a la dependencia de las estaciones de corta duración o conteo sumaria.

Hay factores de ajustes diferentes para cada cuatrimestre del año: enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre, los cuales se usaran de acuerdo al periodo de levantamiento de datos que se hayan realizado en las estaciones de corta duración o conteo sumaria.

Los factores utilizados en el cálculo del TPDA por parte del MTI para las estaciones de corta duración (ECD) y estaciones conteo sumarias (ECS) son los siguientes:

a) Factor Día:

Corresponde a expandir el transito diurno de 12 horas a transito diario de 24 horas. Se obtiene mediante los resultados correspondientes a las estaciones de mayor cobertura de 24 horas, siendo la fórmula para calcular:

$$Fd = 1 + \frac{Tn}{Td}$$

Dónde:

Fd: Factor Día

Tn: Transito Nocturno

Td: Transito Diurno

b) Factor Semana:

Es el factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres días de la semana (martes a jueves) a promedio semanal de 7 días (lunes a domingo) siendo la fórmula para calcular:

$$Fs = \frac{Tlab * 5 + Tfs * 2}{Tlab * 7}$$

Dónde:

Fs: Factor Semana

Tlab: Transito levantado en campo durante el periodo lunes a viernes

Tfs: Transito levantado en campo durante el periodo sábado a domingo

c) Factor Fin de Semana:

Es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana, siendo la fórmula para calcular:

$$Ffs = \frac{Tlab * 5 + Tfs * 2}{Tfs * 7}$$

Dónde:

Ffs: Factor Fin de Semana

Tlab: Transito levantado en campo durante el periodo lunes a viernes

Tfs: Transito levantado en campo durante el periodo sábado a domingo

d) Factor de Expansión:

Es el factor para expandir el transito diario semanal al trafico promedio diario anual (TPDA).

2.1.6 Clasificación vehicular

Actualmente transitan por las carreteras de nuestro país una gran variedad de vehículos, con diferentes características cada uno de ellos, ya sea en materia de tamaño, peso o velocidades.

Para simplificar su estudio se han agrupado en cuatro grandes categorías. A continuación se da una breve explicación de cada categoría vehicular:

a) Vehículos de pasajeros: En esta categoría se incluyen motocicletas, vehículos livianos de uso personal como automóviles, jeep y camionetas, así como vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y

más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 14 pasajeros), minibuses (15-30 pasajeros) y buses (>30 pasajeros).

b) Vehículos de carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, ocho y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2), los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (CxRx) y los vehículos articulados de ocho y seis ejes de los tipos (TxSx).

c) Equipo Pesado: En esta categoría se incluyen vehículos agrícolas u vehículos de construcción. Los vehículos agrícolas generalmente están previstos de llantas de hule de gran tamaño. Entre ellos tenemos arados, tractores, cosechadoras. Los Vehículos de construcción se utilizan en la construcción de obras civiles, entre ellos tenemos Compactadoras, Moto niveladoras, Retroexcavadoras, etc.

d) Otros: En esta categoría entran los remolques y/ o tráiler. Estos pueden ser halados por cualquier vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (semovientes).

Las características de los distintos tipos de vehículo que transitan en nuestro país son presentadas en el Anexo II-A (pág. 190).

El conocer la composición del tránsito que circula por las diferentes carreteras discriminado de acuerdo a su tipología vehicular es muy importante dado que los efectos que ejercen los vehículos entre sí dependen de sus características. Además las cargas que ejercen los vehículos de grandes dimensiones (C2, C3, C4, C2R2, C3R2, T2S2, T3S2, T3S3), determinarán en gran medida las características de la estructura de pavimento a construir.

2.2 Estimación de la tasa de crecimiento del tránsito

Cuando se diseña una estructura de pavimento es necesario conocer el volumen de tránsito que circula en la actualidad por la carretera. Sin embargo conocer esta información del tránsito inicial no es suficiente, también se debe determinar un estimado del tránsito total a que estará sometida la estructura durante el lapso de tiempo que se fije como período de diseño. Para realizar esta estimación del tránsito futuro es necesario determinar una tasa de crecimiento que se cree experimentará el tránsito actual.

Existen varios métodos para la estimación de las tasas de crecimiento, que van desde los más complejos a base de modelos econométricos hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo o dependen simplemente del juicio y criterio del diseñador. En la actualidad hay dos procedimientos que son universalmente aceptados, el primero que se basa en datos de series históricas de los volúmenes de tránsito de las carreteras, mientras que el segundo relaciona el tránsito con variables socioeconómicas. Es muy importante señalar que ninguno de los procedimientos es exacto, por tanto al momento de evaluar la factibilidad del proyecto se debe realizar un análisis de sensibilidad que incluya, además de los costos de construcción, las variables de tránsito, es decir el tráfico normal y las tasas de crecimiento. Todo esto con el objetivo de brindar un mayor margen de seguridad a los inversionistas que financien el proyecto, sean organismos internacionales o bien con recursos propios del estado.

El primer procedimiento se basa en realizar un análisis de los datos de conteo vehicular durante un periodo mínimo de diez años, con el fin de poder identificar una tendencia de este registro histórico la cual sirva para pronosticar un comportamiento futuro del tránsito que sea muy probable de ocurrir durante los años subsiguientes. Este análisis se realiza por cada una de las tipologías vehiculares.

El segundo procedimiento afirma que existe una relación directa entre el tránsito y algunos indicadores socioeconómicos, así se busca establecer relaciones razonables entre el comportamiento del tránsito de una determinada carretera (Variable dependiente) y el de estos indicadores socioeconómicos (variables independientes). Se realiza entre diferentes variables que de alguna forma se ha comprobado modifican los flujos de tránsito de forma directa o indirecta. Entre las principales se mencionan: El crecimiento económico medido a través del Producto Interno Bruto (PIB), los crecimientos Sociales, medidos a través de los crecimientos Poblacionales, crecimiento de la Población Económicamente Activa (PEA). Otras variables son el crecimiento del tránsito a nivel país, los consumos de Combustibles, cuantificados por medio de los combustibles consumidos por el sector transporte y mediante la cuantificación del parque automotor que se tiene en el país.

2.3 Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable.

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación. La Tabla 1 (ver pág.16) muestra los periodos de diseño recomendados por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico para el diseño de las carreteras regionales.

Tabla 1

Periodos de diseño en función del tipo de carretera.

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista regional	20-40 años
Troncal suburbana	15-30 años
Troncal rurales	15-30 años
Colectoras suburbanas	10-20 años
Colectoras rurales	10-20 años

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2,001.

En la Tabla 2 se muestra la clasificación funcional de las carreteras en función del TPDA.

Tabla 2

Clasificación funcional de las carreteras

DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
		Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
TPDA	>20,000	20,000- 10,000	10,000-3,000	3,000-500	300-500

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2,001.

2.4 Proyecciones del Tránsito

Para proyectar el transito actual de una carretera hacia cualquier año “n” futuro se realizará mediante la siguiente ecuación:

$$TF = To (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

TF =Transito futuro

To= Transito actual

i =Es la tasa de Crecimiento que se estimó para proyectar el tránsito al año deseado.

n =Es el periodo de diseño para el cual se pretende estimar el tránsito.

2.5 Tránsito de diseño

Un elemento básico para realizar el diseño de la estructura de pavimento es contar con el tránsito de diseño, el cual se define como el número de viajes que realiza cada tipo de vehículo en el carril de diseño.

El tránsito de diseño lo podemos obtener mediante la ecuación 4, realizando el cálculo para cada tipo de vehículo:

$$TD = To * Fd * Fca * FC \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

TD= Es el tránsito de diseño

To= Es el tránsito base con que se estimará el tránsito de diseño.

Factor direccional (Fd)= Este factor representa la forma del comportamiento del tránsito y el sentido en que este se distribuye por los carriles que la conforman, su valor generalmente es 0.5.

Cabe señalar que en una carretera de dos sentidos de flujo (Carreteras rurales), la distribución por sentido tiene un impacto importante en la operación, la acción de rebase se realiza invadiendo el carril contrario, siendo las oportunidades de rebase limitadas dado que transitan vehículos por el carril contrario.

Para condiciones ideales la relación direccional es 50/50, en una gran mayoría de las carreteras nacionales la relación de esta distribución oscila entre 52/48 y 55/45 y en muy pocos casos la relación direccional del tránsito es 60/40.

El Factor direccional también estará en dependencia de vías alternas que tenga el tránsito para retornar al origen. Estas vías deben de ser similares en términos de distancia, condición, etc., con el fin de que los usuarios las consideren factibles para su uso.

Factor de carril (Fca)= Se le denomina factor de carril a la forma de distribución de tránsito en un solo sentido de circulación, dicho factor esta en dependencia de la cantidad de carriles que constará la carretera que se pretenda diseñar. Se debe de tomar en cuenta que en las carreteras colectoras rurales (Ver tabla 2, pág. 16) los volúmenes de tránsito son muy bajos y generalmente este tipo de carreteras se diseñan para dos carriles.

En la Tabla 3 se muestran los factores de distribución según el número de carriles recomendados por la AASHTO.

Tabla 3
Factores de Tránsito en el Carril de Diseño
Recomendados por AASHTO

Nº de carriles por sentido	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kip* en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1,993

* 18 kip \approx 80 KN \approx 8.2 Ton

Factor de crecimiento (FC)= El factor de crecimiento permite obtener el tránsito total esperado, durante el período de análisis y se determina estimando una tasa de crecimiento “i” al tránsito promedio en toda la vida útil del proyecto.

La Ecuación 5 permite calcular el factor de crecimiento.

$$Fc = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

Fc= Factor de Crecimiento

i = Tasa de Crecimiento

n= Es el periodo de años hasta donde se pretende pronosticar el tránsito que hará uso de la vía a construirse.

2.6 Información recopilada para realizar el estudio de tránsito al tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza, de 11.1 km.

2.6.1 Conteo Vehicular

Para la elaboración del presente estudio de tránsito que corresponde al tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza se realizó un conteo vehicular a fin de determinar el volumen real de tránsito que circula actualmente sobre la carretera.

El tipo de aforo realizado fue el manual, utilizando formatos de campo que permiten acumular la cantidad de vehículos que transitan por la carretera cada hora, discriminados por tipo. Este conteo fue realizado durante tres días consecutivos de 6:00 am a 6:00 pm. Los días que fueron realizados los conteos fueron el martes 10, miércoles 11 y jueves 12 de julio del año 2012. El punto de ubicación del conteo fue la Estación 5+500.

El formato que se utilizó para realizar el conteo se encuentra en el Anexo II-B (pág. 192).

2.6.2 Revisión de la Información existente del Tramo Nueva Guinea – La Esperanza.

Dado que uno de los alcances de este estudio es realizar un conteo vehicular durante tres días en este tramo de carretera, era necesario identificar, en base a la nueva metodología utilizada por el MTI para la obtención del TPDA, en que clasificación de Estación se ubica esta carretera, ya sea Estación de Mayor Cobertura, Estación de Corta Duración o Estación de Conteo Sumaria.

De acuerdo a información brindada por la División de Administración Vial del MTI el dato de TPDA mas reciente que se tiene del tramo Nueva Guinea – La Esperanza es del año 2010 y es de 174 vpd. En base a que el TPDA más reciente de esta carretera es menor de 300 vpd y de acuerdo a lo plasmado en el punto 2.1.3.2 (ver pág. 8) de este documento, el tramo Nueva Guinea – La Esperanza corresponde a una Estación de Conteo Sumaria.

Luego de haber determinado el tipo de Estación que corresponde a esta carretera, era necesario conocer a que Estación de Mayor Cobertura tenía dependencia, con el fin de poder conocer los factores de ajustes que nos permitan obtener el TPDA del tramo. En el Anexo II-C (pag.193) se observa que este tramo de carretera depende de la Estación de Mayor Cobertura 700, que está ubicada en el tramo Empalme Camoapa – Tecolostote. En este mismo anexo se muestran las dependencias de la Estación de Mayor Cobertura 700.

En la Tabla 4 (ver pág. 21) se muestran los factores de ajustes para la Estación de Mayor Cobertura 700.

Tabla 4.
Factores de Ajustes Estación de Mayor Cobertura 700

FACTORES DE LA ESTACION DE MAYOR COBERTURA 700																	
<i>Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S>=5	C-R<4	C-R>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.23	1.38	1.35	1.41	1.21	1.50	1.32	1.45	1.75	1.48	1.50	1.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17
Factor Semana	0.95	0.99	1.00	0.95	1.00	1.76	1.05	0.93	0.90	0.94	0.90	0.86	1.00	1.00	1.00	0.86	1.08
Factor Fin de Semana	1.15	1.03	1.01	1.15	1.00	0.48	0.90	1.22	1.40	1.18	1.36	1.64	1.00	1.00	1.00	1.71	0.84
Factor Expansión a TPDA	0.94	0.97	0.97	0.92	0.89	1.11	0.96	0.89	0.92	0.83	1.95	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75
<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S>=5	C-R<4	C-R>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.18	1.32	1.31	1.36	1.14	1.14	1.34	1.38	1.65	1.48	1.00	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.55
Factor Semana	0.91	1.00	1.01	0.95	1.05	1.34	0.97	0.90	0.89	0.92	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.85
Factor Fin de Semana	1.32	0.99	0.97	1.16	0.88	0.61	1.08	1.40	1.44	1.29	1.00	1.39	1.00	1.00	1.00	1.00	0.47
Factor Expansión a TPDA	1.11	1.04	1.01	1.08	1.28	0.64	0.99	1.09	1.07	1.10	12.33	1.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.29
<i>Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S>=5	C-R<4	C-R>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.16	1.29	1.32	1.33	1.20	1.57	1.33	1.36	1.64	1.49	1.82	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.24
Factor Semana	0.96	0.99	0.98	0.93	1.06	1.31	0.97	0.92	0.90	0.88	0.73	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.12
Factor Fin de Semana	1.12	1.01	1.05	1.22	0.88	0.63	1.07	1.30	1.41	1.53	12.71	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.79
Factor Expansión a TPDA	0.96	0.99	1.02	1.02	0.92	1.86	1.06	1.04	1.03	1.14	0.42	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.11

Fuente: Anuario de Trafico 2010, MTI.

Estos Factores de Ajustes están divididos en cuatrimestres: de enero a abril, de mayo a agosto y de septiembre a diciembre. Debido a que el conteo para este estudio a la carretera Nueva Guinea – La Esperanza fue realizado en el mes de julio, mes que corresponde al segundo cuatrimestre del año, se deben tomar los factores de ajustes del segundo cuatrimestre correspondiente al periodo entre mayo y agosto.

2.6.3 Calculo del Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

2.6.3.1 Transito Promedio Diario (TPD)

Como un primer paso para la determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se procedió al procesamiento de los datos que se levantaron en el campo, haciendo uso de hojas electrónicas creadas en Microsoft Excel, de donde se obtuvo el resumen diario del tránsito por tipo de vehículo. En el Anexo II-D (pág. 195) se muestran los resultados del conteo vehicular por hora, por día y por tipo de vehículo.

De la información recopilada en campo se obtuvieron los volúmenes de tránsito existente en la carretera, clasificados por tipo de vehículo. De estos volúmenes de tránsito diario se cuantificó el promedio diario del período. Este procedimiento no es más que la suma de los volúmenes diarios divididos entre la cantidad de días que duró el conteo.

La Tabla 5 (ver pág. 23) muestra el resumen del Transito Promedio durante los tres días que se realizaron los conteos por 12 horas cada día (6:00 am – 6:00 pm) por tipo de vehículo:

Tabla 5

Transito Promedio durante los días de conteo de tránsito, por tipo de vehículo
Carretera Nueva Guinea – La Esperanza

Tipo	Día 1	Día 2	Día 3
Motos	38	32	26
Autos	37	41	35
Camionetas	19	17	16
Microbús	3	4	4
Bus	16	10	12
Camioneta Pick Up	31	41	2
C2	44	60	75
C3	2	0	0
T3S2	0	4	0
VA	3	0	4
VC	8	0	0
TOTAL	201	209	174

Fuente: Conteo de Transito, Cálculos propios.

En base a los datos contenidos en la Tabla 5, se calculó un resumen del tránsito de los tres días de conteo, al cual se le debe aplicar el Factor Día correspondiente a la Estación de Mayor Cobertura 700 (ver Tabla 4, pág. 21) con el fin de expandir el transito promedio de las 12 horas de conteo a un tránsito promedio de 24 horas. En la Tabla 6 (ver pág. 24) se muestra el Transito Promedio Diario (24 horas) obtenido del tramo Nueva Guinea – La Esperanza.

Tabla 6
Transito Promedio Diario (24 horas), por tipo de vehículo
Carretera Nueva Guinea – La Esperanza

Tipo	TP (12 horas)	Factor Día	TPD (24 horas)
Motos	32	1.18	38
Autos	38	1.315	50
Camionetas	17	1.36	24
Microbús	4	1.14	4
Bus	13	1.34	17
Camioneta Pick Up	25	1.38	34
C2	60	1.65	98
C3	1	1.48	1
T3S2	1	1	1
VA	2	1	2
VC	3	1	3
TOTAL	195	-	272

Fuente: Conteo de Transito, Cálculos propios.

En lo que respecta al Factor Día del tipo de vehículo Autos, se promedió con el Factor del tipo Jeep dado que en el conteo realizado estos dos tipos de vehículos se contabilizaron dentro de la misma categoría. Esto aplica para la obtención de todos los factores de ajustes.

2.6.3.2 Transito Promedio Diario Semanal (TPDS)

Una vez determinado el TPD, cuyo resultado fue basado en los conteos hechos durante tres días (martes a jueves), se requiere expandir este dato a un Transito Promedio Diario Semanal de siete días (lunes a domingo). Esto se logra al aplicar al TPD el factor Semana (ver Tabla 4, pág. 21).

En la Tabla 7 se muestra los resultados obtenidos del TPDS.

Tabla 7
Transito Promedio Diario Semanal, por tipo de vehículo
Carretera Nueva Guinea – La Esperanza

Tipo	TPD (24 horas)	Factor Semana	TPDS
Motos	38	0.91	34
Autos	50	1.005	50
Camionetas	24	0.95	22
Microbús	4	1.05	4
Bus	17	0.97	16
Camioneta Pick Up	34	0.9	31
C2	98	0.89	88
C3	1	0.92	1
T3S2	1	1	1
VA	2	1	2
VC	3	1	3
TOTAL	272		253

Fuente: Conteo de Transito, Cálculos propios.

2.6.3.3 Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

Determinado el TPDS, se requiere aplicarle a este dato un factor de Expansión (ver Tabla 4, pág. 21) y se obtendrá el TPDA para el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza.

En la Tabla 8 (ver pág. 26) se muestra los datos obtenidos del TPDA para el año 2012 para la carretera Nueva Guinea – La Esperanza, de 11.1 km de longitud.

Tabla 8
Transito Promedio Diario Anual, por tipo de vehículo
Carretera Nueva Guinea – La Esperanza

Tipo	TPDS	Factor Expansión a TPDA	TPDA	%
Motos	34	1.11	38	14.07%
Autos	50	1.025	51	18.89%
Camionetas	22	1.08	24	8.89%
Microbús	4	1.28	6	2.22%
Bus	16	0.99	16	5.93%
Camioneta Pick Up	31	1.09	33	12.22%
C2	88	1.07	94	34.81%
C3	1	1.1	1	0.37%
T3S2	1	1	1	0.37%
VA	2	1	2	0.74%
VC	3	1	3	1.11%
TOTAL	253		270	100.00%

Fuente: Conteo de Transito, Cálculos propios.

Como se puede observar de acuerdo a los datos plasmados en la tabla 8, de acuerdo al Estudio de transito realizado en la carretera Nueva Guinea – Naciones Unidas la corriente de tránsito estaba compuesta por 41.86% de vehículos livianos, 8.15% de vehículos de transporte público y el 47.77% de vehículos de carga, entre vehículos de construcción y agrícola suman 1.85%.

2.7 Determinación de la tasa de crecimiento para el tramo en estudio.

En el presente estudio se establecieron relaciones entre el comportamiento del tránsito del tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza (variable dependiente) y el de datos estadísticos de indicadores socioeconómicos nacionales, que tienen incidencia en el transporte automotor, como el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), el crecimiento de la población (POB) y la Tasa Promedio de Crecimiento del Tránsito Nacional en base a datos del anuario de tránsito del MTI, las cuales constituyen las variables

independientes, que permitirán obtener la tasa de crecimiento vehicular para nuestro periodo de análisis.

Para efectos de este estudio, debido a la falta de información de planes de desarrollo dentro de la zona de influencia de la carretera, la determinación de la tasa de crecimiento vehicular se determinó mediante un proceso, basados en las hipótesis que a continuación se describen:

- Se analizaron una serie de datos históricos del Producto Interno Bruto (PIB) durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2011.
- Se determinó el porcentaje de crecimiento Poblacional del país en el periodo intercensal de 1995 a 2005.
- Se utilizó la tasa de crecimiento promedio del Tránsito Nacional, en base a los datos obtenidos en las 10 Estaciones de Mayor Cobertura ubicadas en la Red Troncal del País.
- Se analizó la situación económica actual del país y sus perspectivas hacia el futuro.

2.7.1 Análisis de la serie histórica del PIB en el periodo 2000 – 2011.

Se realizó un análisis de la variable Producto Interno Bruto (PIB) dado que esta tiene una estrecha relación con el incremento del parque automotor y del tránsito por las diferentes carreteras del país.

Esta relación se basa dado que la variable PIB refleja el crecimiento económico que experimenta el país, lo cual es producto de una mayor producción, por lo que se traduce en mayor cantidad de carga a transportar, o sea se generan más viajes de los vehículos ya existentes y se incorporan nuevos vehículos al tránsito actual.

El crecimiento del PIB también se puede traducir en mayor poder adquisitivo de las personas, ya que hay más riquezas en el país, por lo que el parque automotor, principalmente vehículos livianos se incrementa.

En la Tabla 9 se muestran los diferentes datos del PIB en millones de córdobas durante el periodo 2000 – 2011.

Tabla 9
Producto Interno Bruto (PIB) de Nicaragua; 2000 - 2011

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005
PIB (millones de C\$)	27,075.70	27,877.40	28,087.50	28,795.50	30,325.20	31,623.90

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PIB (millones de C\$)	32,936.90	34,136.90	35,078.80	34,563.40	36,112.00	37,792.80

Fuente: Informe Anual 2011 Banco Central de Nicaragua.

De acuerdo a estos datos se procedió a calcular la tasa de crecimiento interanual, y la tasa de crecimiento promedio del periodo 2000-2011. En la Tabla 10 se observan los resultados.

Tabla 10
Tasa de Crecimiento Promedio del PIB periodo 2000 - 2011

Periodo	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005
TC	2.96%	0.75%	2.52%	5.31%	4.28%

Periodo	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
TC	4.15%	3.64%	2.76%	-1.47%	4.48%	4.65%

Tasa de Crecimiento Promedio 2000 - 2011	3.09%
---	--------------

Fuente: Informe Anual 2011 Banco Central de Nicaragua.

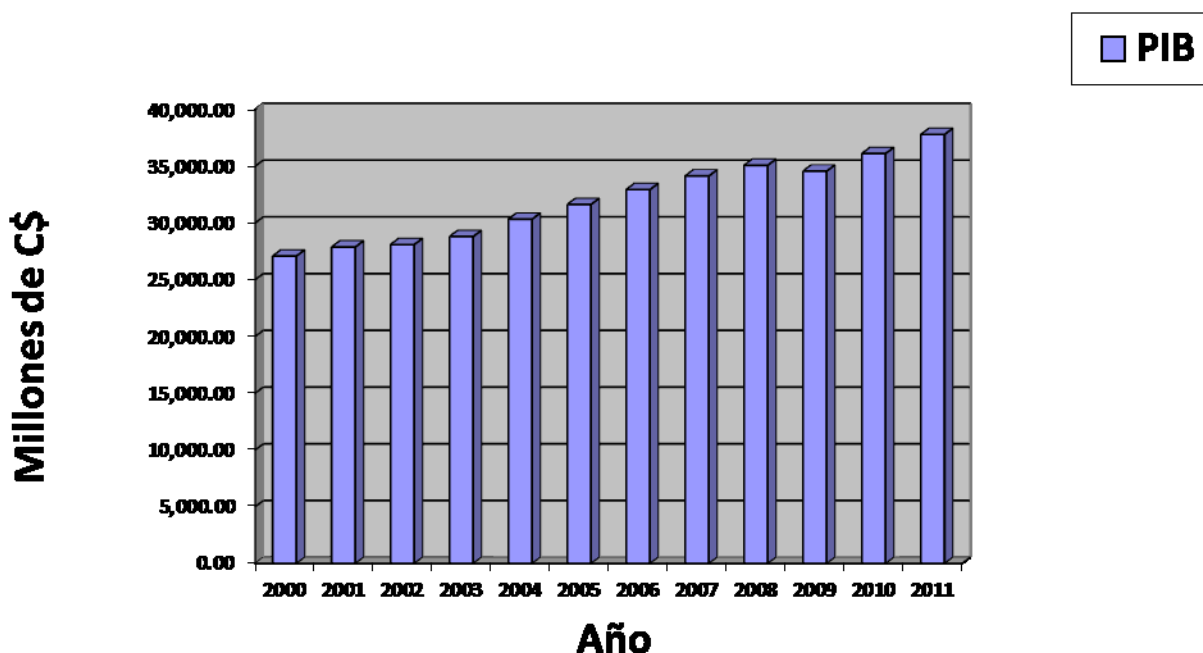
En el grafico 1 se puede determinar con más facilidad la tendencia creciente del PIB en Nicaragua, a excepción del año 2009, año en que el PIB decreció en 1.47% como consecuencia de la crisis económica mundial que se originó producto del aumento del precio del petróleo y por la crisis hipotecaria en los

Estados Unidos de Norteamérica. No obstante es importante señalar que esta cifra fue menor al promedio de decrecimiento que experimentó la economía en América Latina ese año, que fue de un 2.1%, según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Grafico 1

Producto Interno Bruto (PIB) de Nicaragua; 2000 - 2011

PIB Periodo 2000-2011



Fuente: Informe Anual 2011 Banco Central de Nicaragua.

2.7.2 Crecimiento Poblacional de Nicaragua en el periodo 1995 – 2005.

En el año 2005 se realizó en Nicaragua el VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Diez años antes, en el año 1995, se había realizado el VII Censo de Población y III de Vivienda.

Estos dos Censos constituyen las más recientes bases de información de la población que habita en Nicaragua. Por tal razón, y dado que el dato de población está estrechamente relacionado con la cantidad de vehículos, viajes,

consumo, etc., es muy importante relacionar estos datos con el Tránsito que circulará por la carretera Nueva Guinea – La Esperanza.

En la Tabla 11 se muestra la cantidad de habitantes de Nicaragua de acuerdo a información de los Censos de 1995 y 2005, y la tasa de crecimiento en este periodo.

Tabla 11
Población de Nicaragua; Censos 1995 y 2005

Año	Población del País	Tasa de Crecimiento (%)
1995	4357,099	1.7
2005	5142,098	

Fuente: VIII Censo de Población y IV de Vivienda 2005.

2.7.3 Tasa promedio de crecimiento del Tránsito Nacional

Con el fin de poder estimar un incremento proyectado del tránsito en la carretera Nueva Guinea – La Esperanza, se debe relacionar el tránsito del tramo en estudio con la dinámica de crecimiento del tránsito a nivel nacional. Para esto se utilizó la tasa promedio de crecimiento de las Estaciones de Mayor Cobertura en el año 2010. Esta tasa fue del 2.92%, de acuerdo a información plasmada en el Anuario de Tránsito 2010 del MTI.

Las Estaciones de Mayor Cobertura del país con sus respectivas tasa de crecimiento de tránsito se presentan en el Anexo II-E (pág. 198)

2.7.4 Situación económica del país y sus perspectivas hacia el futuro

Nicaragua, a pesar de la crisis económica mundial del 2009 y la actual crisis económica en Europa, se ha caracterizado por haber experimentado un crecimiento económico constante, con excepción del año 2009 (ver tabla 10, pág. 28). Para el año 2012 la tasa estimada de crecimiento del PIB por el Banco Central de Nicaragua (BCN) rondará el 4%. El Fondo Monetario Internacional (FMI) pronostica un crecimiento del 3.7%.

Dentro de los principales factores de este crecimiento se encuentra el sector construcción y la minería. La construcción está en auge dado el incremento de edificaciones de obras privadas, especialmente de residenciales tanto de carácter social, como aquellas dirigidas a estratos económicos de mayor alcance.

La Cámara Nicaragüense de la Construcción estima que en el año 2012 están ejecutándose unos 600 proyectos, entre públicos y privados, en el área turística, energética, urbanizaciones, carreteras entre otras obras.

La minería metálica continúa con gran impulso por la extracción de oro y plata, como resultado de nuevas áreas de explotación e implementación de mejores procesos tecnológicos en el procesamiento y extracción de material selecto por las compañías del sector.

El BCN evalúa que el crecimiento económico del país se mantiene sólido, pese a los riesgos generados en el contexto internacional, principalmente por la crisis de deuda en la zona euro.

Las exportaciones de Nicaragua son otro punto fuerte de la economía, ya que durante el periodo de 2006-2011 ha experimentado una tendencia ascendente. En ese periodo las ventas al exterior de nuestro país crecieron un promedio de 17 por ciento. En el año 2012 esta tendencia siguió, se exportó un total de 2,778 millones de dólares en productos, un 17.5 % más que lo registrado en el año 2011, de acuerdo a información del Centro de Trámites de las Exportaciones (Cetrex). El Cetrex reporta asimismo, un volumen total exportado de 256,000 toneladas, lo que representa un aumento del 16.56 % con relación al año 2011.

El aumento en los precios internacionales de algunos productos tradicionales como carne bovina, oro, productos lácteos, frijoles y mariscos originó la subida en el valor de las exportaciones.

Dado que Nicaragua es un país en vías de desarrollo es necesario atraer capital para inversión. En este rubro también se han dado incrementos. Durante el período 2006-2011 la inversión extranjera directa, pasó de un 6.7 por ciento a un 18 por ciento, o sea se ha triplicado la llegada de capitales.

Ciertamente que existen también algunos riesgos para que este crecimiento económico siga sostenido, entre ellos se puede mencionar un menor dinamismo de la actividad mundial y cambios bruscos de los flujos de cooperación externa o de la inversión extranjera directa. Sin embargo se espera que para el futuro el crecimiento económico sea incluso mayor, producto de los resultados de la implementación del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos, tratados Comerciales con países latinoamericanos dentro de la Iniciativa de la Alternativa Bolivariana para los pueblos de nuestra América (ALBA) y la pronta implementación del tratado de Libre Comercio (TLC's) de Centroamérica y la Unión Europea, lo cual dará una mayor dinámica a la producción y exportación.

2.7.5 Tasa de crecimiento del tránsito para la carretera Nueva Guinea – La Esperanza

En base al análisis realizado a las variables: PIB, Población, Tránsito Nacional y de acuerdo a la situación económica del país y su perspectiva futura se propone utilizar una tasa de crecimiento promedio de los resultados de estas variables.

En la Tabla 12 se muestra las variables analizadas, sus tasas de crecimiento y el promedio de estas.

Tabla 12
Variables analizadas y Tasa de Crecimiento Promedio

Variable	Tasa de Crecimiento
PIB	3.09%
Población	1.70%
Tránsito Nacional	2.92%
Tasa de Crecimiento Promedio	2.57%

Fuente: Cálculos Propios

Resulta una tasa de crecimiento del 2.57%, la cual en base al análisis realizado se considera adecuada. Esta tasa se utilizará en este estudio, en los años horizontes del proyecto.

2.8 Determinación del tránsito de diseño para el presente estudio

Para el cálculo del tránsito de diseño, utilizaremos la ecuación 4, realizando el cálculo para cada tipo de vehículo:

$$TD = To * Fd * Fca * FC$$

Dónde:

- a) **To**=Transito total del proyecto del año 2012 el cual es el tránsito base (Ver tabla 8, pág. 26).
- b) **Factor direccional** = El factor direccional es 0.5, la mitad de los vehículos circulan en una dirección y la otra parte en dirección contraria.
- c) **Factor de carril** = El factor de carril que utilizaremos es 1 (Ver tabla 3, pág. 18).
- d) **Factor de crecimiento** = El factor de crecimiento se determinará a partir de la ecuación 5.

$$Fc = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Dónde:

Fc= Factor de Crecimiento

i = Tasa de Crecimiento: **2.57%** (Tasa estimada, según nuestro criterio)

n = Período de Análisis: Como el TPDA en nuestro tramo de carretera en estudio es de 270 vpd y en conformidad a lo establecido en la Tabla 2 (ver pág. 16), se

clasificará a la carretera en Colectora rural y conforme a lo establecido a la Tabla 1 (ver pág. 16) el periodo de análisis será de 20 años.

Sustituyendo estos valores obtenemos:

FC =9,389.78

Los resultados obtenidos del tránsito de diseño para la carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13
Tránsito de diseño de la carretera Nueva Guinea – La Esperanza

Tipo	TPDA 2012	Fd	Fca	FC	TD
Motos	38	0.5	1	9,389.78	179,070
Autos	51	0.5	1	9,389.78	239,551
Camionetas	24	0.5	1	9,389.78	113,552
Microbús	6	0.5	1	9,389.78	26,376
Bus	16	0.5	1	9,389.78	76,524
Camioneta Pick Up	33	0.5	1	9,389.78	156,778
C2	94	0.5	1	9,389.78	440,164
C3	1	0.5	1	9,389.78	4,688
T3S2	1	0.5	1	9,389.78	6,260
VA	2	0.5	1	9,389.78	10,955
VC	3	0.5	1	9,389.78	12,520
TOTAL					1,266,436

Fuente: Cálculos Propios

CAPITULO 3: ESTUDIO DE SUELOS

3.1 Conceptos Generales del Estudio de Suelos.

3.1.1 El Suelo

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, constituida por fragmentos de roca de diferente tamaño. Esta capa puede tener hasta varios cientos de metros y se distinguen dos sub capas:

Sub capa Superficial: Presenta una intensa actividad biológica (contiene microorganismos, raíces, materia orgánica, etc.). Este es el suelo edáfico y no es apto como material de construcción ni para soportar cargas significativas. La retirada de esta capa es necesaria para construir y se realiza mediante la operación de desbroce.

Sub capa Profunda: Está constituida por materiales totalmente inertes y es el objeto de la Mecánica de Suelos.

3.1.2 Estudio de suelos

Antes de empezar con el diseño de un proyecto vial se debe recopilar y analizar muestras representativas del suelo donde se desea ejecutar el proyecto con el fin de determinar sus propiedades físico-mecánicas, las cuales a la postre determinaran su resistencia o capacidad para soportar cargas externas. El Estudio de los suelos en los proyectos es imprescindible para poder adoptar la mejor alternativa de inversión, tanto técnica como financiera.

Las muestras de los suelos se reúnen a través de sondeos hechos en campo, estas muestras luego son llevadas al laboratorio en donde se le realizan pruebas o ensayos, con el fin de determinar las condiciones actuales de estos suelos.

Los resultados del estudio de suelos constituyen una fuente de información esencial para el diseño del proyecto, ya que con estos datos se procede a determinar los espesores de las diferentes capas de la estructura de pavimento.

El análisis también se realiza a las posibles fuentes o bancos materiales que se ubican en las cercanías del proyecto.

3.1.2.1 Métodos de Muestreo

Para determinar las características físico-mecánicas del suelo donde se desea cimentar una determinada obra se deben extraer muestras del mismo. Estas muestras deben ser luego analizadas y ensayadas en laboratorio.

El proceso de obtención de estas muestras es muy importante, pues requiere no solo conocimientos de suelos y materiales, sino experiencia para seleccionar el o los sitios donde deberán tomarse las muestras y determinar, además la profundidad a la cual deberá extraerse dichas muestras. En dependencia de la información que se necesite y de los ensayos de laboratorio se define la forma de muestreo de los suelos. Los métodos de muestreo de suelos son los siguientes:

- **Pozo a Cielo Abierto:** En este tipo de muestreo exploratorio se practica una excavación con dimensiones suficientes para que un técnico pueda descender en ella y examinar los diferentes estratos que se presentan en su estado natural. Este tipo de excavación no se puede llevar a grandes profundidades. La dificultad fundamental que presenta este tipo de exploración generalmente es la presencia del nivel freático.
- **Sondeos Manuales:** Este tipo de exploración se realiza comúnmente en obras horizontales realizándose excavaciones de pequeña sección en planta y generalmente a una profundidad máxima de 1.5 metros.
- **Ensayos de Penetración Estándar (SPT):** Este es uno de los métodos que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona una información más útil en torno al subsuelo, no solo en lo referente a la descripción, sino también en cuanto a la resistencia del suelo, ya que puede considerarse como el primer ensaye realizado.

El método consiste en hacer penetrar a golpes, con un martinete, el penetrómetro o cuchara, registrando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cm (≈ 1 pie).

- **Métodos Rotativos en Roca:** Cuando en un sondeo se alcanza una capa de roca más o menos firme, no es posible lograr penetración con los métodos descritos anteriormente y ha de recurrirse a un procedimiento diferente. En estos casos se recurre al empleo de maquinaria de perforación, rotación con broca de diamante o de tungsteno. Las velocidades de rotación son variables, de acuerdo con el tipo de roca a perforar. A las muestras obtenidas en este tipo de perforación, se le realizan todos los ensayos necesarios en la investigación.

En general la distancia a que se toma cada muestra de suelo a lo largo del proyecto es entre 100 y 250 metros. El nivel de seguridad de los resultados de un estudio de suelos dependerá de cuan seguido se tomen las muestras de suelos, además que el proceso de extracción de las muestras se realice correctamente y que los análisis de estas muestras se realicen apropiadamente. Esto conllevará a que los resultados obtenidos muestren una representación bastante cercana a la realidad del material que existe en el sitio donde se ejecutara el proyecto, de lo contrario la información que se obtenga de estos ensayos puede ser confusa y a veces perjudicial a la hora de ejecutar el proyecto.

3.1.2.2 Bancos de Materiales

Se deben de ubicar todas las fuentes de materiales posibles que pudieran suplir los volúmenes suficientes para la construcción de las diferentes capas de la estructura de pavimento que se requieren en los proyectos.

A estas posibles fuentes de materiales se les debe de analizar las cualidades y características requeridas para los fines estructurales procurando el mínimo costo en procesamiento y/o estabilización.

Se procurará en la medida de lo posible que los bancos de materiales estén lo más cercano al proyecto, y generalmente se realizan en cada banco 5 sondeos a una profundidad de 3 metros para conocer sus características.

3.1.3 Perfil del subsuelo

Una vez conocidos los perfiles topográficos de la zona, es necesario conocer el perfil del subsuelo, es decir, conocer las clases de materiales que forman el subsuelo a diferentes profundidades.

Cualquiera que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se deben anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, el color y olor de los materiales. Con estos datos y los resultados obtenidos en el laboratorio a los materiales de la línea, se realiza un perfil de suelos.

3.1.4 Principales características de un suelo.

Entre las características principales del suelo se pueden mencionar:

Porosidad: Es la relación entre el volumen de huecos en la muestra de suelo y el volumen total de la muestra.

$$n = \frac{V_v}{V}$$

Donde;

V_v: volumen de huecos

V: volumen total de la muestra de suelo.

Humedad: Es definida como la relación entre el peso del agua contenida en una muestra y el peso de suelo de esa misma muestra, se expresa en porcentaje.

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\delta}$$

Donde;

ϵ : peso del agua

δ : peso del suelo

Grado de Saturación: Es la relación entre el volumen ocupado por el agua en una muestra de suelo dado y el volumen total de huecos.

Densidad: Es la cantidad de materia sólida presente por unidad de volumen.

Cohesión: Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad.

Compresibilidad: Es la propiedad que define las características de esfuerzo deformación de los suelos, la aplicación de esfuerzos agregados a una masa de suelo originan cambios de volumen y desplazamiento.

Permeabilidad: Es la propiedad que tienen los suelos de permitir el paso del agua a través de sus vacíos.

3.2 Clasificación de los suelos.

Un sistema de clasificación de suelos consiste en un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades similares, siendo su propósito dar facilidades para estimar las propiedades o aptitudes de un suelo por comparación con otros de la misma clase, cuyas propiedades se conocen y facilitar un método preciso para su descripción.

Actualmente los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carretera y aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).

En general los suelos se clasifican en tres grandes grupos que son:

- **Arenas y gravas:** Son materiales granulares no plásticos.
- **Limos:** Son suelos algo plásticos.
- **Arcillas:** Son suelos muy cohesivos y plásticos.

3.2.1 Clasificación de suelos por AASHTO

La AASHTO clasifica los suelos en tres grandes categorías:

- **Granulares:** Suelos con 35% o menos pasando por el tamiz No. 200 (es decir más fino que 0.074 mm).
- **Finos:** Suelos con más de 35% pasando por el tamiz No. 200.
- **Orgánicos:** Suelos que contienen material orgánico.

Estas tres categorías son subdivididas en ocho grupos, desde el grupo A-1 hasta el A-8, basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos. A su vez los grupos A-1, A-2 y A-7 se subdividen en 2, 4 y 2 subgrupos respectivamente.

A cada una de estas clasificaciones se determina igualmente su “Índice de Grupo”, el cual es calculado mediante una fórmula empírica.

Índice de grupo: La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite de líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz No. 200. Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos, entre 8 y 12 y de los suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más. El índice de grupo se calcula con la fórmula:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Dónde:

IG = índice de grupo.

F = Porcentaje del suelo que pasa por el tamiz No. 200, expresado como número entero.

LL = Limite líquido.

IP = índice de plasticidad.

La categoría de suelos granulares la forman los grupos A-1, A-2 y A-3, mientras que la categoría de suelos finos la constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Los suelos orgánicos corresponden al grupo A-8. A continuación se explican brevemente cada uno de los grupos:

Grupo A-1:

Son materiales pétreos formados por piedras gravilla y arena media y fina con buena graduación y tiene además pequeñas cantidades de material fino.

Subgrupo A-1-a:

Comprenden aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, pero puede incluir arena y finos.

Subgrupo A-1-b:

Comprenden a aquellos materiales formados predominantemente por arena gravosa o arena graduada y puede incluir finos.

Grupo A-2:

Contiene gran cantidad de suelos granulares mezclados con finos. Su comportamiento está bien condicionado a las características plásticas de la fracción que pasa el Tamiz No. 40. Incluye todos los suelos en los que el 35% o menos pasa por el tamiz No. 200 que no pueden clasificarse como suelos A-1 o A-3

Subgrupos A-2-4 y A-2-5:

Pertenecen a estos Subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz No. 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente.

Estos grupos incluyen suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo, o índice de grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1. Así mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Subgrupos A-2-6 y A-2-7:

Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

Grupo A-3:

En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

Grupo A-4:

Característicos de los suelos limosos no plásticos a moderadamente plásticos. Se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

Grupo A-5:

Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero con alto Limite Líquido (LL) y bajo Índice de Plasticidad (IP).

Grupo A-6:

Son suelos de característica arcillosa, pueden presentar cambios de volumen y comportamiento como sub rasante débil.

Grupo A-7:

Similares al suelo A-6, pero con elevados valores de LL e IP. Son susceptibles a cambio de volumen.

Subgrupo A-7-5:

Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

Subgrupo A-7-6:

Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy altos con respecto a sus límites líquidos y además experimentan cambios de volumen muy grandes entre sus estados “seco” y “húmedo”.

Grupo A-8:

Son suelos que contienen material orgánico, su uso para efectos constructivos no es satisfactorio.

3.3 Ensayes de laboratorio fundamentales para proyectos de carreteras.

Una vez recolectadas las muestras de los sondeos de línea y de los posibles bancos de préstamo a utilizarse, se le deberá realizar los siguientes ensayos de laboratorio, para determinar si estos materiales pueden ser empleados en la estructura de pavimento, según los requerimientos de la normativa correspondiente a utilizar.

a) Humedad

Este ensaye permite determinar el contenido de humedad que presenta el suelo. Este se define como la cantidad de agua presente en el suelo relacionado al peso en su fase sólida. Se representa por la siguiente expresión:

$$\%W = \frac{\text{Peso del agua contenida}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$$

Donde;

%W	:	Porcentaje de Humedad
Wh	:	Peso de muestra húmeda
Ws	:	Peso de muestra seca

Se realiza tomando una muestra representativa del suelo, luego se procede a determinar el peso húmedo de esta muestra. La muestra es posteriormente secada al horno por un periodo de 24 horas a una temperatura entre 105 y 115 °C. Luego la muestra es retirada del horno, dejada enfriar y se determina su peso seco. Con la relación que hay entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra se determina el porcentaje de humedad de dicha muestra.

b) Análisis granulométrico de los suelos

Debido a la gran variedad que existe en el tamaño de las partículas de suelos o granos es necesario realizar el Análisis Granulométrico de los suelos. Este análisis tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.

b.1) Métodos de Análisis Granulométrico de los suelos

El análisis granulométrico de los suelos comprende dos clases de ensayos:

- El método mecánico o de tamizado para las partículas grueso – granulares.
- El método de sedimentación para la fracción fina del suelo, pues no son discriminables por tamizado.

b.1.1 El método mecánico utiliza tamices de abertura cuadrada sobre los cuales se ensaya un suelo con un peso previamente determinado. Los tamices se colocan de mayor a menor (3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40, No. 200), así se procede a pesar la cantidad de suelo retenido en cada tamiz. Sin embargo, debido a que el tamiz de menor tamaño que se utiliza comúnmente es el 0.074 mm (Malla No. 200), el análisis mecánico está

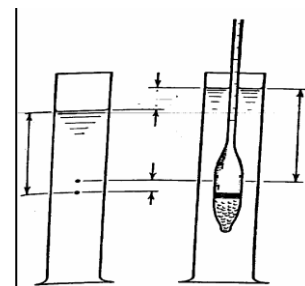
restringido a partículas mayores que ese tamaño que corresponde a arenas limpias finas. Por lo tanto si el suelo contiene partículas menores que ese tamaño la muestra de suelo analizada debe ser separada en dos partes, para análisis mecánico y por sedimentación.

b.1.2 El Método de sedimentación se subdivide en dos, el método del hidrómetro y el método de la pipeta. Ambos son basados en las características de la sedimentación de las partículas del suelo en un medio acuoso. Se aplican tales métodos al “suelo fino”, es decir, al que ha quedado en el fondo de los tamices y que se denomina “pasa la malla No. 200”, material constituido por limos y arcillas.

Método del hidrómetro: Se toma una probeta con agua, se mete el suelo, se agita hasta que sea uniforme la suspensión; luego se deja en reposo para ir midiendo, con hidrómetro (para distintos tiempos transcurridos), la densidad de la suspensión, la que disminuye a medida que las partículas se asientan. La profundidad del densímetro, variable con la densidad de la suspensión (ARQUÍMEDES), es la base para calcular esa distribución de tamaños de granos finos que pasa la malla o tamiz # 200, con $f = 0,074$ mm. El sistema se calcula con “La Ley de Stokes”, donde:

$$v = g * D^2 \frac{\rho_s - \rho_f}{18\eta}$$

$\left(\frac{\text{cm}}{\text{sg}} \right)$
 $(N \approx 100,51 D^2)$
 mm



Hidrómetro

Fuente: www.bdigital.unal.edu.co/cap3.pdf

v = velocidad en cm/seg = constante

n = viscosidad en Poises = gr/cm sg

g = gravedad en cm/seg²

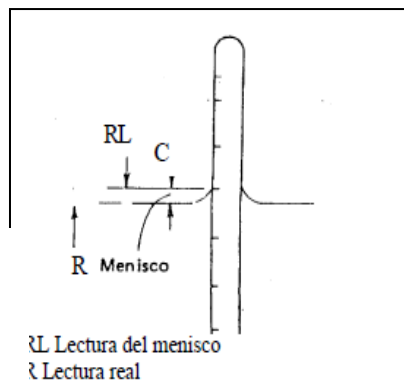
ρ_s, ρ_f = densidades de los sólidos y la suspensión en gr/cm³

D = diámetro de una esferita (diámetro equivalente) en cm

Método de la pipeta: A diferencia del método anterior, aquí se deja constante el valor de H . También se parte de una suspensión agua – suelo, uniforme en el instante inicial, y que con el tiempo se modifica, dado que las partículas de mayor diámetro se precipitan a mayor velocidad, con fundamento en la Ley de Stokes. A distintos tiempos, desde el inicio, se toman muestras de la suspensión, a una misma profundidad predeterminada (H_0).

De cada muestra obtenida, se determina el peso de los sólidos, contenido por unidad de volumen de la suspensión, lo que constituye la base para el cálculo de la distribución (en proporción) de los tamaños de las partículas finas.

Menisco: El agua turbia no deja leer la base del menisco con el hidrómetro. Se lee RL y la corrección será $c = RL - RREAL$, luego $RREAL = RL - c$ (corregido).



Corrección por menisco

Fuente: www.bdigital.unal.edu.co/cap3.pdf

c) Límites de Atterberg o Límites de Consistencia

Una de las características principales de los suelos es su plasticidad. La plasticidad de un suelo no depende de los elementos gruesos que contiene sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que se tiene que recurrir al método descrito en 1911 por el sueco Atterberg.

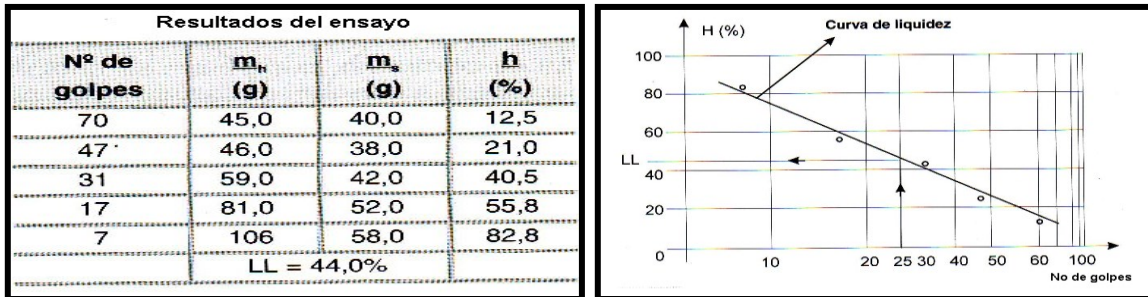
Atterberg propuso un procedimiento para definir los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, también llamados límites de Atterberg, son el Límite Líquido (LL), el Límite Plástico (LP) y el Límite de Contracción (LC).

Es importante señalar que el agua forma una partícula alrededor de los granos del suelo y su espesor puede determinar el comportamiento de este. Cuando el contenido de agua en un suelo es muy elevado, la resistencia estática al esfuerzo cortante es nula; al disminuir el contenido de agua en el suelo aumentará su resistencia hasta alcanzar un estado plástico en el que el suelo es fácilmente moldeable; si el secado del suelo continua, este llega a adquirir las características de un sólido pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable.

i) El Límite Líquido es la frontera entre el estado líquido y el plástico. El procedimiento para determinarlo consiste básicamente en amasar 100 g de suelo que pase el tamiz No. 40 con agua destilada. La masa se coloca con espátula en la copa de Casagrande y se abre un surco con el ranurador y se comienza a dar vueltas a la manivela a razón de dos por segundo. Se prosigue hasta que las paredes en el surco se unan en el fondo en una longitud de unos 12 mm. De esta región se toma una porción de suelo para determinar el valor de la humedad. Esto se repite al menos 5 veces con contenidos de agua diferentes. A partir de esto se puede elaborar una tabla con los datos de número de golpes y el porcentaje de humedad de cada uno de los cinco ensayos. Luego se construye la curva de liquidez con los valores de estas dos variables. El límite

líquido se encuentra donde el contenido de agua en la curva de liquidez corresponda a 25 golpes.

A continuación se muestra un ejemplo con los datos necesarios para la construcción de la curva de liquidez:



Fuente: www.bdigital.unal.edu.co/cap3.pdf

ii) **El Límite Plástico** es la frontera entre el estado plástico y el semi-sólido. El ensaye se realiza con la fracción de suelo que pasa el tamiz No. 40 con un contenido de humedad suficiente para poder formar una bola de suelo sin que se resquebraje.

A continuación se forma con una pequeña porción y se rueda entre la palma de la mano y una superficie lisa un elipsoide que llegue a 3 mm de diámetro. Si al llegar a ese diámetro no se ha cuarteado el cilindro, se amasa nuevamente. Una vez conseguido los cilindros cuarteados, se procede a determinar el porcentaje de humedad que presentan en este estado. Generalmente se utilizan dos muestras en dos taras diferentes, si la diferencia en el porcentaje de humedad de las muestras no es mayor del 2% los datos se promedian y ese es el valor en % del Límite Plástico. En caso que la diferencia entre los resultados de las muestras sea mayor del 2% se debe repetir el ensaye.

iii) **El Límite de Contracción** separa el estado semi-sólido del sólido. Se define como el por ciento de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya disminución en

el volumen del suelo.

Se calcula el límite de contracción por la siguiente fórmula.

$$L_c = \frac{W_m - W_s (V_1 - V_2) \gamma_w}{W_s} \times 100$$

Dónde:

L _c	=	Límite de Contracción
W _m	=	Peso de la muestra húmeda.
W _s	=	Peso de la muestra seca.
V ₁	=	Volumen de la muestra húmeda
V ₂	=	Volumen de la muestra seca
γ _w	=	Peso específico del agua a temperatura de ensaye.

iv) Índice de Plasticidad: El Índice de Plasticidad del suelo (I.P.) se define como la diferencia entre los valores del Límite Líquido (L.L.) y del Límite Plástico (L.P.)

Un I.P. permite clasificar muy bien un suelo. Un I.P. grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario un I.P. pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

I.P. >20; suelos muy arcillosos,

I.P. >10; suelos arcillosos,

I.P. <4; suelos poco arcillosos,

I.P.=0; suelos exentos de arcilla.

Fuente: Mecánica de Suelos, J.J. Sanz Llano.

d) Determinación de la resistencia de los suelos por medio del ensaye CBR:

La finalidad de este ensaye, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kilos/cm² (o bien libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración de un pistón de 3 pulgadas cuadradas de área, en una muestra de suelo de 6 pulgadas (15 cm) de diámetro y 5 pulgadas (12.5 cm) de altura, con un contenido de humedad y densidad dados, a una velocidad de 1.27 mm/min (0.5 plg./min), con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada. Esto se plasma en la ecuación 6.

$$CBR = \left(\frac{\text{Carga Unitaria de ensayo}}{\text{Carga Unitaria patrón}} \right) * 100\% \quad \text{Ecuación 6}$$

De la ecuación 6 se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación 6 se presentan en la Tabla 14 (ver pág. 51).

Tabla 14
Valores de Carga Unitaria

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm2	psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

Fuente: www.ucn.cl/FacultadesInstituto/laboratorio/mecanica7.htm

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje (%) de la relación de soporte. Se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub rasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas.

Todos los suelos, tanto finos como gruesos o sus mezclas, se compactan a diferentes contenidos de humedad tanto arriba como bajo de su humedad óptima. Las muestras elaboradas bajo estos procedimientos, se sumergen en agua durante un período mínimo de 96 horas, antes de proceder a su ensayo, con el objeto de simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar sometidos los suelos como la sub-rasante de una carretera, y en esta forma, obtener los CBR's de los suelos bajo las condiciones más críticas.

En el ensayo y en inmersión, se colocan pesos sobre las muestras, con el objeto de simular las cargas tanto vehiculares, como de la estructura de pavimento, a las cuales van a estar sometidos los suelos de la sub-rasante.

El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la sub-rasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

Procedimiento para la determinación del CBR en el laboratorio

El procedimiento que se describe a continuación corresponde a un ejemplo ajeno a cualquier valor determinado para efectos de este estudio, dado que para este proyecto obtuvimos los resultados de CBR determinados por la Consultora CORASCO, sin embargo el procedimiento descrito es el aplicado en la práctica para la determinación de este valor.

En forma resumida, comprende las siguientes etapas:

Ejecución del ensayo de compactación (próctor), para determinar el peso unitario máximo seco, también determinado con el término de densidad máxima seca, y la humedad óptima de compactación (%Wopt) de la muestra. Los ensayos típicos de compactación se presentan en la siguiente figura.

Ensayo de Humedad – Densidad. AASHTO T-180					
Prueba	1	2	3	4	5
Humedad (%w)	7,07	8,95	11,06	13,05	15,36
Peso unitario húmedo (t/m ³)	2.002	2.146	2.250	2.195	2.149
Peso unitario seco (t/m ³)	1.870	1.970	2.026	1.942	1.863

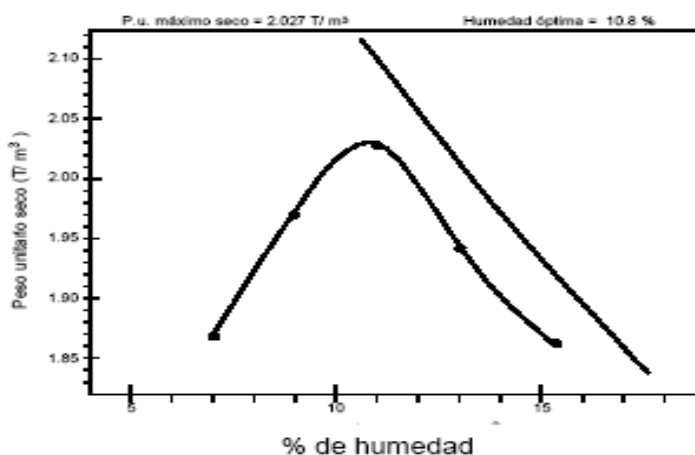


Figura 1. Resultados tabulados y en gráfico de un ensayo de compactación para un material de sub-base.

Fuente: Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

El tipo de ensayo de compactación depende del tipo de material:

Para el material de fundación (sub-rasante), es decir suelos finos: realizar el ensayo de Densidad-Humedad correspondiente al Próctor Estándar (AASHTO T –99).

Para materiales de sub-base y/o base, es decir suelos gruesos: realizar el ensayo de Densidad-Humedad correspondiente al Próctor Modificado (AASHTO T –180).

Compactación de tres muestras, cada una a la humedad óptima determinada en el paso anterior, en un molde de dimensiones estándar de 15 cm de ancho y aproximadamente 11.5 cm. de altura. Se emplea un martillo de 10 libras de peso y de 18 pulgadas de caída para compactar cada muestra en cinco (5) capas. Una muestra se compacta con 56 golpes por capa, la otra con 25 golpes por capa y la última con 12 golpes por capa. A cada una de estas muestras se le determina su peso unitario seco.

Las tres muestras se someten a un proceso de inmersión total durante cuatro (4) días, al final de los cuales se determina nuevamente su humedad. Previamente se ha determinado la variación de altura en las muestras. El incremento en altura multiplicado por cien y dividido entre la altura inicial, se define como el hinchamiento. Durante el periodo de inmersión se coloca sobre cada muestra una sobre-carga de 10 libras de peso. Los resultados se presentan en la Tabla 15 (ver pág. 54).

Tabla 15
Resultados de Compactación

Golpes por muestra	Peso unitario seco t/m ³	Humedad inicial (%wi)	Humedad final (%wf)	Absorción (%)	Hinchamiento (%)
56	1.988	10,79	11,45	0,66	0,16
25	1.830	10,91	13,86	2,95	0,16
12	1.755	10,34	15,91	5,57	0,16

Fuente: Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

Cada muestra es colocada bajo una prensa de carga y se mide la carga necesaria para ir penetrando el pistón normalizado, a una velocidad de 1.27 mm/min, a las profundidades de 0.025; 0.050; 0.075; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4 y 0.5 pulgadas.

Las cargas registradas en el paso anterior se dividen entre 3 (área del pistón normalizado en pulgadas cuadradas); para obtener el “esfuerzo unitario” para cada profundidad de penetración. Durante esta etapa del ensayo se mantienen sobre cada muestra, como mínimo las sobre cargas de 10 libras. Los resultados se presentan en la Tabla 16.

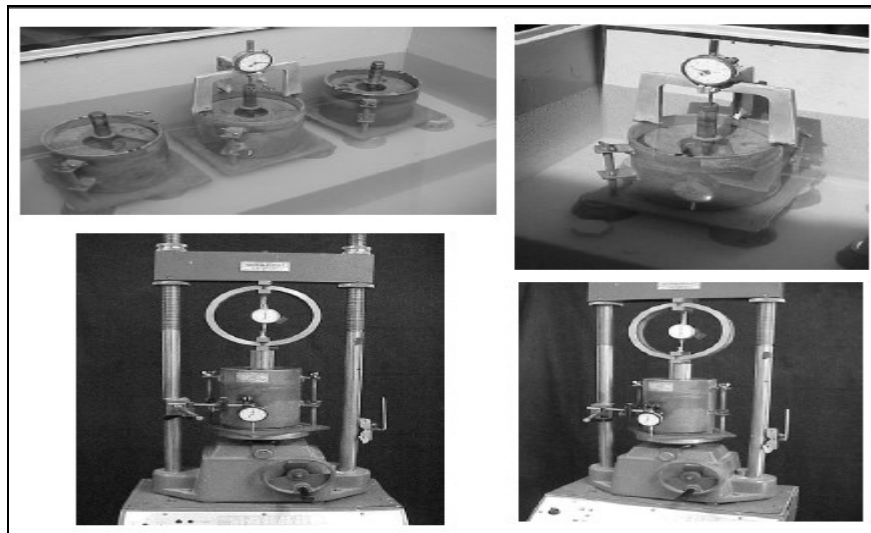
Tabla 16
Resultados Esfuerzo de Penetración

Golpes por muestra	Esfuerzo de penetración en psi, para profundidades de (pulgadas)								
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,150	0,200	0,300	0,400	0,500
56	107	205	280	335	424	502	634	748	845
25	72	100	115	123	137	150	174	199	222
12	22	45	49	52	57	61	70	79	87

Fuente: Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

Para cada muestra se dibujan los resultados de “esfuerzos unitarios”, contra “profundidad de penetración”, para definir los valores de esfuerzos unitarios a las profundidades de penetración de 0.1 y 0.2 pulgadas. En algunos casos puede ser necesario corregir las lecturas en función de posibles deformaciones al momento del inicio de la penetración.

Imagen 1
Ensayo CBR



Fuente: Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

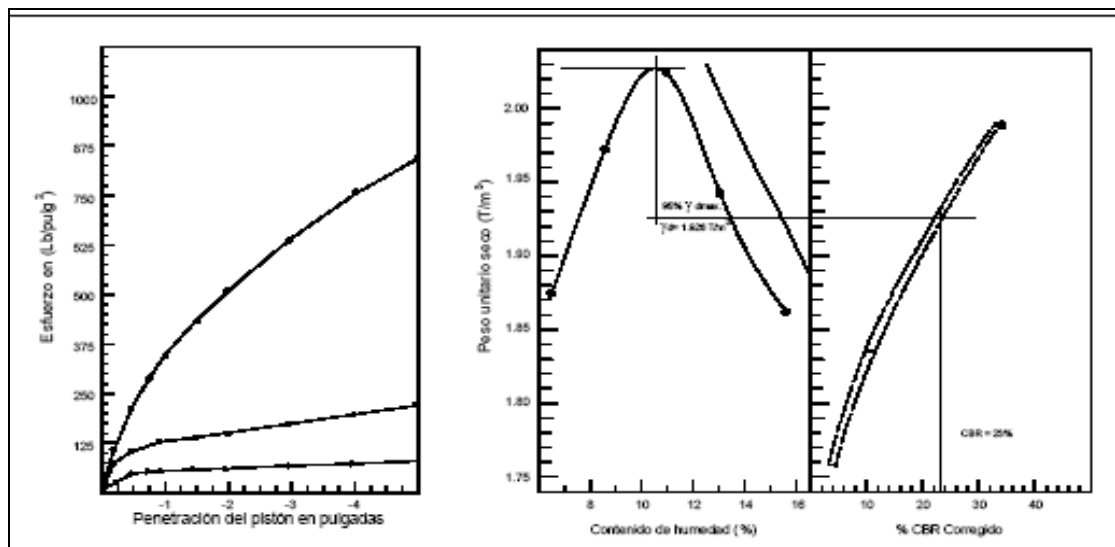
En la Imagen 1, se muestra un Ensayo CBR en su etapa de inmersión y medición de la expansión, y en su etapa de penetración.

Hasta esta etapa se dispone, en resumen, de tres valores de CBR para 0.1 pulgadas y otros tres valores de CBR para 0.2 pulgadas de penetración, es decir dos resultados por cada muestra de diferente energía de compactación (56, 25y 12), así como de las tres densidades secas.

Se procede a dibujar, para cada profundidad de penetración, los resultados de densidad seca contra valor de CBR. En este grafico se traza la línea correspondiente al 95% del peso unitario máximo seco. De la intersección de esta línea con la curva de densidad – vs – CBR, se traza una vertical hasta cortar el eje de valores CBR. Se obtienen así dos valores de CBR; uno

para la profundidad de 0.1 pulgadas y otro para la profundidad de 0.2 pulgadas. En el gráfico 2 se presenta un ejemplo.

Gráfico 2
Penetración y Peso Unitario vs Resistencia CBR de un material de sub base.



Fuente: Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

Ha de tenerse en cuenta que cada muestra se debe utilizar una sola vez, es decir, que no podrá usarse el material que ya ha sido compactado.

La sobre carga sobre la muestra cumple dos propósitos:

- La sobre carga que se aplique mediante pesas de plomo, debe ser prácticamente igual a la correspondiente a las de las capas de pavimento a construirse sobre el material que se ensaya al CBR. La sobre carga mínima a emplearse será de 4.54 kg (10 lbs.), equivalente a la de un pavimento de concreto de aproximadamente 12.5 cm de espesor. Esta es la función primordial de la sobre carga.
- Evitar o al menos reducir, la deformación de la superficie de la muestra cuando se somete a la penetración del vástago.

3.4 Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes: NIC-2000.

La NIC-2000 constituye las normativas que rigen la administración y construcción de obras viales en Nicaragua, y debe de ser incorporada a cualquier contrato de construcción, cualquiera que sea el contratante.

En estas normativas se encuentran detalladas las especificaciones técnicas que deben cumplir los diferentes tipos de materiales que se usaran en la estructura de pavimento. Específicamente en la sección 1003 de estas normas se encuentran los requerimientos para la selección de los materiales para cada capa de la estructura de pavimento.

3.4.1 Capa sub-rasante.

Como fue plasmado en la sección 3.3 inciso d (ver pág. 50) de este documento, el ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras. Está normado en la AASHTO con el número T-193.

La Tabla 17 muestra la clasificación típica de la calidad de la sub-rasante en función del CBR.

Tabla 17
Clasificación de la Sub rasante en relación al CBR

C.B.R	Clasificación
0 – 5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20 – 30	Sub-rasante muy buena

Fuente: "Estructuras de vías terrestres", Fernando Olivera Bustamante.

3.4.1.1 Agregados para el mejoramiento de la sub-rasante:

La NIC-2000 recomienda que el material esté constituido por partículas duras y durables, o fragmentos de escoria, piedra o grava, cribadas o trituradas al tamaño y graduación que se requieran. A la vista, el material estará exento de material vegetal y de terrones de arcilla y debe satisfacer los requisitos de cualquiera de las graduaciones que se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18
Requisitos Graduación de Agregados para el Mejoramiento de la
Sub-rasante

Designación del tamiz	Porcentajes en Peso que pasan por tamices según AASHTO T27		
	A	B	C
3'	100	—	—
1 1/2"	—	100	—
1"	—	—	100
NO 4	30-70	30-70	40-80
No 200	0-15	0-15	5-20

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003

La proporción que pasa por el tamiz No 40, debe de tener un límite líquido máximo de 30 e índice de plasticidad no mayor de 6, determinado por el ensayo ASSHTO T-90.

3.4.2 Especificaciones para la Base y Sub-base

Los materiales que podrán ser utilizados para la Base y Sub base deben de cumplir con ciertos requisitos. Uno de ellos es que el Límite Líquido (AASHTO T 89) debe ser máximo de 25. Además deben de cumplir con la graduación que se plasma en la Tabla 19 (ver pág. 59).

Tabla 19

Márgenes del valor meta para graduaciones de sub-base, base o capas superficiales de agregados.

Tamaño del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el Tamiz Designado (AASHTO T 27 y T 11)					
	Designación de la graduación					
	Sub-base A	Sub-base B	Base C	Base D	Base E	Superficie F
2 1/2 "	100 ⁽¹⁾					
2"	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾			
1 1/2"		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾		
1"	65-79(6)			97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾
3/4"			67-81(6)		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾
1/2"	45-59(7)					
3/8"				56-70(7)	65-79(6)	
No-4	28-42(6)	40-30(8)	33-47(6)	39-53(6)	45-59(7)	47-71(7)
No-40	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)	12-28(5)
No-200	4-8(3)	0-12(4)	4-8(3)	4-8(3)	4-8(3)	9-16(4)

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003

⁽¹⁾ Los procedimientos estadísticos no son aplicables.

() Desviaciones permisibles (+,-) de los valores meta.

3.4.2.1 Especificaciones para la capa Base del pavimento.

Los requisitos que debe cumplir el material para la Base, después de ser colocado y compactado, (incluyendo material estabilizado mecánicamente), según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), están detalladas en la Tabla 20 (pág. 60).

Tabla 20
Requerimientos para la capa Base

	Tipo 1	Tipo 2
Desgaste, Los Ángeles	max.50%	max.50%
Limite liquido , AASHTO T 89	max.25	max.25
Índice de Plasticidad	máx. 10%	máx. 15%
Modulo de Plasticidad	máx. 200	máx. 400
CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180)	min. 80%	min. 60%
% de finos	10 máx.	10 máx.

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003

El tipo 2 se usa solamente cuando los niveles de tránsito no exceden de 300 Ejes equivalentes estándar (EE) (8,200Kg) por día.

3.4.2.2 Especificaciones para la capa Sub-Base del pavimento

La graduación y demás requisitos que deben cumplir los materiales a usarse en la capa de Sub base de un pavimento, según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), son los siguientes.

Requisitos de los Materiales:

Gravas:

Tamaño máximo	75 mm
Índice de Plasticidad	15 máx.

Arenas, limo y arena arcillosa:

% que pasa el tamiz No 10	95.0 máx.
% que pasa el tamiz No 200	10.0 mín. - 30.0 máx.
Índice de Plasticidad	mín. 5 - 12 máx.
Límite Líquido	máx. 35%

Para todos los materiales:

* Módulo de Plasticidad	máx. 250
CBR al 95% de ASSHTO Modificado (AASHTO T 180)	mín. 40%
% de finos	10 máx.

Nota: *Módulo de Plasticidad = Índice de Plasticidad * % de finos que pasa el tamiz No 40.

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003.

3.5 Estabilización de suelos

Cuando se trata de construir una estructura de pavimento, en muchas ocasiones se encuentra que el suelo que está presente a lo largo del proyecto, o en su defecto el que ocuparemos como fuente de material para la constitución de las diferentes capas de la estructura de pavimento, no reúne las características adecuadas para ello. Con el fin de poder utilizar estos suelos se debe modificar algunas de sus características indeseables. Para lograr este resultado se debe realizar una estabilización de los suelos.

Se entiende como proceso de la estabilización de suelos, al conjunto de fenómenos mecánicos físicos, químicos y físico-químicos, tendientes a modificar las propiedades de los suelos que interesan, para una determinada aplicación en ingeniería, haciendo que el material suelo sea adecuado para el uso y diseño previsto, reemplazando a otros materiales no disponibles o más costosos.

La estabilización de un suelo produce un incremento en la resistencia del mismo, además de que disminuye su compresibilidad y aumenta su durabilidad, al presentar una mayor resistencia a los agentes atmosféricos y al tránsito que debe soportar durante el periodo de diseño del proyecto.

Provee asimismo una base impermeable, evitando que se produzcan cambios volumétricos. Sin embargo se debe garantizar que existe cierta permeabilidad para evitar que la presión de los poros dañe las capas de pavimento en caso que se produzca una saturación de las mismas.

La aplicación de la estabilización de suelos es muy amplia y depende entre otras cosas, de la clasificación de la carretera y del tipo de estructura a diseñar. Se puede utilizar tanto en la Sub – rasante como en la Sub - base y Base.

3.5.1 Tipos de estabilizaciones de suelos

A continuación se explican brevemente cada uno de los tipos de estabilización que existen:

a) Mecánico

El tipo más común, y normalmente más barato, de los métodos de estabilización es el mecánico. La compactación es un tipo de estabilización mecánica, que incrementa la resistencia cortante de los suelos al lograr que las partículas se junten firmemente bajo la acción de cargas y/o vibración con una humedad optima determinada en laboratorio. Las ventajas de la estabilización mecánica están limitadas por la trabazón mecánica que se puede dar entre partículas. Generalmente, la resistencia del suelo se incrementa como resultado del incremento en el ángulo de fricción interna, sin afectar el parámetro de cohesión del suelo.

b) Mezclas de Suelo

El Segundo tipo de estabilización consiste en hacer mezclas de suelos gruesos, finos o combinación de estos con los materiales locales para mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del suelo existente. La adición de suelo fino como ligante llenará los vacíos e incrementará la resistencia cortante. Sin embargo, mucho suelo fino disminuirá la permeabilidad. Esto puede causar que el pavimento se debilite como resultado de la pérdida de finos ocasionado por presión de poros.

Las partículas gruesas proporcionan fricción y resistencia al impacto, las partículas intermedias proporcionan acuíñamiento de la estructura, las partículas finas proporcionan cohesión en conjunto con el agua presente.

Agregado fino: Conformado por la arena gruesa y la arena fina:

- Arena gruesa: Aporta fricción y dureza, va del tamiz No. 10 al No. 40
- Arena fina: Sirve para efecto de acuñamiento del material grueso, va del tamiz No. 40 al No. 200.

Limo y arcilla:

- Limo: Desde 50 hasta 5 micras, actúa como relleno para impedir el movimiento de las partículas gruesas.
- Arcilla: Tamaño menor a 5 micras, aporta poros que hacen que las películas delgadas de agua establezcan en conjunto alta cohesión.

c) Aditivos

Consiste en la alteración de las propiedades del suelo por medio de la adición de un aditivo químico, que cambia las propiedades moleculares de los granos de suelo y en algunos casos aglomera los granos de suelo. En el presente estudio estabilización con aditivos se refiere a la estabilización del suelo con cemento, cal o asfalto. En el caso de cemento y cal ocurre una reacción química con los granos finos del suelo en presencia del agua, lo que resulta en un incremento en la resistencia cortante debido al efecto cementante de estos aditivos. El asfalto, por otro lado, recubre los granos individuales del suelo, protegiéndolos del medio ambiente y aglutinándolos lo que resulta en un incremento de la resistencia por medio del incremento de la cohesión.

La determinación del porcentaje de aditivo a usar depende de la clasificación de suelo y el grado de mejoramiento deseado. Generalmente, se requieren pequeñas cantidades de aditivos si lo que se desea es alterar la graduación del suelo, la plasticidad, trabajabilidad, etc., que cuando se requiere mejorar la resistencia y durabilidad.

3.5.2 Características mínimas de un suelo para estabilizarlo

Las características mínimas que debe tener un suelo para ser estabilizado son las siguientes: Límite Líquido menor de 50%, Índice Plástico menor de 25%, el material pasante de la malla No 200 menor del 50%, el porcentaje de vacíos

compactada la muestra en el cilindro próctor debe ser menor del 35%.

➤ **Estabilización con Cemento**

Recibe el nombre de suelo-cemento una mezcla íntima de suelo pulverizado, cemento Portland y agua, que compactada a una humedad óptima y una densidad máxima produce luego de la hidratación del cemento, un material resistente y durable.

Los materiales a ser tratados deberán cumplir con los siguientes requisitos según las nomas **NIC-2000**:

Materiales Naturales para Base Estabilizada con Cemento.

Gravas y Arenas Gruesas Arcillosas:

- Tamaño máximo.....2 - 40 mm.
- % que pasa por el tamiz No 200.....máx. 35%
- Coeficiente de Uniformidad.....máx. 10
- Índice de Plasticidad.....máx. 25
- Módulo de Plasticidad
- Método de mezcla en el sitio.....máx. 1500
- Método de planta estacio.....máx. 700
- CBR a 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.....mín. 30%

* Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003.

Después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 1800 KN/m² (261 lb/plg², 18.35489 Kg/cm²), medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95% de AASHTO Modificada (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un Índice de Plasticidad menor de 6 y un Módulo de Plasticidad menor de 250.

➤ **Estabilización con Cal**

Generalmente la cal se utiliza como un elemento cohesionante de los suelos arcillosos, por lo que reduce sustancialmente el índice de plasticidad de estos suelos.

Los materiales a ser tratados deberán cumplir con los siguientes requisitos según las normas **NIC-2000**:

Materiales Naturales para Sub-base Mejorada con Cemento o Cal.

Los materiales a ser tratados deberán llenar los siguientes requisitos:

Gravas:

- Tamaño máximo.....10 - 50 mm.
- % que pasa el tamiz de 0.075 mm.....máx. 40%

Arenas, arenas limosas o arcillosas:

- Índice de Plasticidad.....máx. 30
- Módulo de Plasticidad..... máx. 250
- Materia orgánica.....máx. 2%

* Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003.

Después del tratamiento, el material deberá tener un CBR de por lo menos, 60% medido después de 7 días de curado y 7 días de saturado en el sitio, la mezcla compactada al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un Índice de Plasticidad entre 5 y 12 y un Módulo de Plasticidad menor de 250.

3.6 Información recopilada Estudio de Suelos Nueva Guinea – La Esperanza

El análisis de los suelos y los trabajos en el Laboratorio de materiales y suelos fue realizado por la Empresa Corea y Asociados S.A. (CORASCO), Ingenieros Consultores y Planificadores.

El objetivo de este informe es exponer los alcances, metodología aplicada y resultados obtenidos durante el proceso de las investigaciones geotécnicas que se realizaron para determinar las características y calidad de los suelos existentes en el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud; y de los materiales contenidos en cada banco de préstamo, cuyos resultados constituyen la información base para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento que se pretende realizar.

3.6.1 Trabajo de campo

Se realizó un trabajo de campo con el fin de obtener las muestras de suelos para su posterior análisis. Este trabajo consistió en:

- Sondeos manuales de línea a lo largo de la carretera.
- Sondeos en bancos de materiales.

3.6.1.1 Sondeos de línea

Se efectuaron sondeos manuales a lo largo de los 11.1 km. que comprende el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza. Estos sondeos consistieron en perforaciones a cielo abierto, con dimensiones aproximadas de 25 x 25 x 150 cm. de profundidad, con una separación entre sondeos de 100 metros, de forma alternada al centro y a ambos lados de la línea central.

El primer sondeo fue realizado en la estación 0+020 y luego sucesivamente a cada 100 m hasta completar el tramo de 11.1 km.

De los 111 Sondeos que se realizaron se procedió a extraer 229 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron sometidas a las pruebas de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y propiedades físicas de los suelos existentes.

En el Anexo III-A (pág. 200) se muestra la Estratigrafía del Suelo para los 11.1 Km. de longitud que comprende el tramo de carretera Nueva Guinea – La

Esperanza, la cual es analizada en intervalos de 100 metros.

En el Anexo III-B (pág. 205) se encuentran los resultados de los ensayos realizados a las 229 muestras recopiladas en los sondeos hechos sobre la línea.

En cada sitio de sondeo, primeramente se hizo una clasificación de forma visual y al tacto, identificando las características visibles de los tipos de suelo encontrados.

Todas las muestras extraídas de los sondeos de línea se homogenizaron y agruparon en 5 grupos representativos de todos los tipos de suelos encontrados en la carretera en estudio.

A estas muestras agrupadas, se les practicó los ensayos para determinar su densidad máxima para obtener su capacidad soporte (CBR) a diferentes grados de compactación (90, 95 y 100%), resultado que es la base para el diseño de espesores del pavimento. Los resultados de estos ensayos se presentan en el Anexo III-C (ver pág. 225).

3.6.1.2 Sondeos en bancos de materiales

Se ubicaron y estudiaron 10 posibles fuentes de materiales que pudieran suplir los volúmenes suficientes para la construcción de las capas de la estructura de pavimento.

En la Tabla 21 (ver pág. 68) se resume la información general de estos bancos, tales como nombre, localización, propietario y volumen explotable.

Tabla 21

Resumen de los bancos de materiales investigados

Nombre	Ubicación	Dueño	Volumen (m ³)
1. La Laguna	Est. 2+600, 2.4 km a la Fonseca	Martín Centeno	4,500
1-A. El Sábalo	1+100, 8850 m a la Unión, 250 m Izquierda	Reyna Isabel	10,000
Nº 2	Est. 3+650, 260 m lado izq.	Bayardo Hernández	3,500
Nº 3	Est. 4+620, 160 m lado der.	Aleyda Campos	5,000
Nº 4	Est. 10+560, 900 m lado der.	Juan Sándigo	5,000
Nº 5 Cascajera	Est. 23+670, 1,350 m lado der.	Hermógenes Ortega	15,000
Nº 6 Quebrada	Est. 15+820, 3,500 m lado izq.	Santiago Miranda	3,500
Nº 7	Est. 15+820, 3,000 m lado izq.	Bayardo Díaz	2,000
Nº 8 Las Minas	Est. 14+900, 5 km a Providencia, 800 m lado izq.	Julio Téllez R	15,000
Nº 9	Est. 24+340, 700 m a Santa Fe	Napoleón Castro	4,000

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

La investigación de estas fuentes de materiales, consistió en determinar mediante sondeos, los cuales consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, con el mismo procedimiento practicado en los sondeos de línea, con la diferencia que los sondeos en los bancos fueron de mayor dimensión: 50 x 50 cm. con profundidades de hasta de 3 metros.

El detalle de sondeos y muestras extraídas de los bancos se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Sondeos y muestras en los bancos de préstamo

Banco Nº	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9
Sondeos	5	4	4	5	5	5	2	4	5	5
Muestras	9	4	9	9	11	5	2	7	5	5

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

3.6.2 Trabajo de Laboratorio

Mediante los sondeos efectuados las muestras obtenidas se sometieron a los ensayos de laboratorios que se detallan en la Tabla 23 conforme a las Normas ASTM.

Tabla 23
Tipos de Ensayes de Laboratorio

Nº	Tipo de Ensaye	Designación Estándar de Ejecución
1	Granulometría	ASTM D-422
2	Límites de Atterberg	ASTM D-4318
3	Humedad Natural	ASTM D-2216
4	Clasificación H.R.B.	ASTM D-3282
5	CBR.	ASTM D-1883

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

3.6.2.1 Resultados de los ensayos de laboratorio: Suelos de la línea

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, los suelos existentes a lo largo de la carretera están conformados en general y predominantemente por suelos naturales cohesivos que se clasifican como arcillas del Tipo A-7-5 con Índices de Grupo principales 15, 17, 13 y 16 respectivamente, los cuales se encuentran tanto en la superficie como en los estratos bajos del suelo.

La plasticidad de estas arcillas es muy alta, alcanzando en algunos casos hasta 43% de IP. En su composición granulométrica los suelos del grupo A-7-5 son muy finos ya que las partículas que pasan la malla 200 oscilan entre el 56 y 92% de sus componentes. Así también, la capacidad soporte de estos suelos, es muy baja, teniendo valores de 3 % a 7% de CBR, en sus grados de compactación de 90 y 95%.

Es importante señalar que los resultados de los ensayos de laboratorio nos arrojan que en la capa superficial también se encuentran suelos del tipo A-2-6 y A-2-7, compuestos por grava y arcilla, los cuales poseen Índices de Plasticidad que oscilan entre el 11 y el 25%, El valor soporte alcanza valores que van desde 20% a 38% en grados de compactación de 90 y 95%. Este tipo de material encontrado se deduce que ha sido colocado sobre el tramo de carretera por

efectos de obras de mantenimiento que han sido ejecutadas sobre el mismo por el MTI.

Otro tipo de suelo encontrado pero en muy pocos casos, es el suelo A-2-4, también en las capas superficiales y posiblemente también producto de la aplicación de material de algún banco. Este suelo es gravoso con un poco de arcilla con plasticidad que anda entre un 6 y un 10%. Su capacidad soporte es de 42% al 95% de compactación.

Los tipos de suelos mencionados en los párrafos anteriores, son los que conforman la estratigrafía del camino y predominantemente la arcilla de tipo A-7-5. Para determinar la capacidad soporte de la vía en sus condiciones actuales, estos tipos de suelos fueron sometidos a los ensayos de CBR, y en el caso del tipo A-7-5, pese a que se conoce que es un material muy inestable, se tomaron dos muestras con diferentes índices de grupo (13) y (18) a fin de obtener resultados representativos aunque sus diferencias sean mínimas.

3.6.2.1.1 Características de los Suelos

En la Tabla 24 se presentan las características y propiedades de los tipos de suelos que actualmente conforman el subsuelo del tramo de carretera en estudio, determinados a través de los ensayos de laboratorio practicados a las muestras extraídas de los sondeos realizados.

Tabla 24
Propiedades de los Materiales de Sondeos de Línea

Capa	Clasificación	Granulometría			LL (%)	IP (%)	Densidad Seca (kg/m ³)	CBR	
		¾"	#4	#200				90%	95%
Relleno	A-2-4 (0)	46	28	18	37	10	1,975	26	42
Relleno	A-2-6 (0)	57	33	16	36	12	1,928	23	38
Relleno	A-2-7 (0)	41	20	14	46	20	1,880	20	33
Natural	A-7-5 (13)	79	70	56	51	20	1,502	4	7
Natural	A-7-5 (18)		100	92	62	26	1,272	3	4

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

Un aspecto muy importante a tomar en cuenta es que aunque hay indicios que se ha aplicado material de banco para hacer posible el tráfico vehicular, sin embargo, debido a las características de la zona, principalmente en términos de pluviosidad y de drenaje existente, es notorio que esta capa superficial se ha desgastado o contaminado con el material natural, quedando nuevamente expuesto el suelo cohesivo.

De los 111 sondeos que se realizaron, el suelo arcilloso de la sub rasante se encuentra expuesto al tráfico en 33 sondeos, es decir en el 29.73% del total de sondeos. En 36 sondeos este tipo de suelo arcilloso se encuentra en un rango de 1 a 10 cm. de profundidad, es decir en un 32.43% del total de sondeos. Y en 17 sondeos (15.31%) la capa de material de relleno es mayor de 10 cm. y menor de 20 cm. Esto nos indica que en un 77.5% de los sondeos el suelo arcilloso se encuentra en la superficie o bien a una profundidad máxima de 20 cm.

3.6.2.2 Resultados ensayos de Laboratorio: Bancos de Materiales

Las muestras extraídas en los 10 Bancos de Materiales que se analizaron fueron agrupadas procediendo a practicarles los ensayos para determinar su densidad máxima para obtener su capacidad soporte (CBR) a diferentes grados de compactación (90, 95 y 100%). Los resultados de estos ensayos se presentan en el Anexo III-D (pág. 240).

En la Tabla 25 (ver pág. 72) se presenta el resumen de las propiedades de los bancos analizados.

Tabla 25

Propiedades y características de los materiales de los bancos investigados

Banco Nº	Clasificación Tipo de Suelo	Granulometría (% que pasa tamiz)				IP (%)	CBR (%)		
		1 ½"	¾"	Nº 4	Nº200		90	95	100
1	A-2-6(0)	92	63	29	7	11	23	43	60
1-A	A-2-6(0)	69	48	29	10	11	25	40	50
2	A-2-6(0)	85	53	23	10	12	22	41	58
3	A-2-4(0)	81	46	17	5	10	26	46	64
4	A-2-4(0)	92	59	28	11	8	21	42	57
5	A-2-4(0)	55	41	18	8	10	27	46	66
6	A-2-7(0)	62	34	20	13	16	22	38	58
7	A-2-4(0)	85	57	30	7	8	26	46	66
8	A-4-(0)	88	79	66	51	9	12	21	32
9	A-2-6(0)	58	25	14	8	12	29	50	68

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

Según los resultados de estos sondeos, se puede concluir que los materiales de los Bancos tienen Índices de Plasticidad superiores a los límites recomendados para capas de base y sub-base. Los Bancos que exhiben menos plasticidad son los No. 4 y No. 7 con un IP de 8%. El Banco con mayor plasticidad es el No. 6 con IP de 16%. Los bancos restantes presentan Índices de Plasticidad entre 9 y 12%.

En cuanto a su granulometría, los materiales de los bancos son, en general, muy gruesos y deben ser tratados para reducir su tamaño y aprovechar su explotación. En la mayoría de los bancos, el material que pasa la malla de 19 mm (¾"), es menor del 60% (salvo en el caso de los bancos No. 1 y No. 8). En los bancos Nos. 6 y 9, este porcentaje se reduce a únicamente al 34% y 25%, respectivamente. En general, no más del 30% del material pasa la malla No. 4 y en el caso del banco No. 3, 6 y 9 este porcentaje se reduce al 20% o menos. La cantidad de finos que pasa la malla No. 200 es del 10% o menos, con excepción de los bancos No. 4, No. 6 y No. 8.

Los ensayos de capacidad soporte (CBR) indican que los bancos poseen materiales con CBR que oscilan entre 21 y 50 al 95% de compactación, ninguno

de los bancos ensayados presentó materiales con CBR por encima de 80% al 95% de compactación, a como lo establecen las normas para material a utilizar en la capa Base de la estructura de pavimento.

3.6.2.3 Estabilización de materiales de banco con cemento

Debido que los resultados de los ensayos realizados a los materiales que poseen los diferentes bancos analizados en este estudio de suelos arrojan que los materiales no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas por la NIC-2000 para ser utilizados como materiales para la base de la estructura de pavimento (Ver tabla 20, pág 60), se utilizará la estabilización del suelo con cemento como mecanismo para incrementar su resistencia. Los materiales de estos bancos cumplen con los requisitos estipulados en la NIC-2000 para poder ser estabilizados, como se plantea en el acápite 3.5.2 (pág. 63) de este estudio.

Se utilizó cemento en dosificaciones del 4, 5 y 6 % del peso seco del material. Los especímenes fueron curados de forma acelerada, en períodos de 48 horas, a 50 °C y ensayados a compresión no confinada. Los resultados de estos ensayos se presentan en el Anexo III-E (pág. 270), y se muestra un resumen de estos resultados en la Tabla 26 (pág. 74).

Tabla 26
Material de banco estabilizado con cemento

Banco	Cemento (%)	Resistencia (kg/cm ²)
No.1	4	9.1
	5	13.5
	6	20.3
No.1-A	4	14.4
	5	19.8
	6	25.2
No. 3	4	14.7
	5	20.2
	6	24.9
No.4	4	8.6
	5	12.8
	6	17.9
No.5	4	15.4
	5	20.4
	6	26.4

Fuente: Estudio de Suelos, Nueva Guinea – Naciones Unidas, CORASCO S.A.

Los bancos que alcanzan la resistencia mínima requerida según las especificaciones técnicas de la NIC-2000 (1800 KN/m² o 18.35489 Kg/cm²), son los siguientes:

- Banco 1 con proporción del 6% de cemento.
- Banco 1-A con proporción de 5 y 6% de cemento.
- Banco No. 3 con proporción de 5 y 6% de cemento.
- Banco No. 5 con proporción de 5 y 6% de cemento.

3.7 Materiales a utilizar en la estructura de Pavimento

Luego del análisis de los tipos de suelos encontrados a lo largo del tramo de carretera así como en los diferentes bancos de materiales analizados, y en base a las características requeridas para conformar la estructura de pavimento se determinó que los materiales a utilizar para formar las distintas capas de la estructura de pavimento serán los siguientes:

➤ **Capa Base:**

Se utilizará material del banco No. 1-A y se estabilizará con cemento en una dosificación del 5% del peso seco del material. Esto debido a que el material de este Banco en su estado natural posee un CBR de 40 y 50 al 95 y 100 % de compactación respectivamente, que según las especificaciones técnicas requeridas por la NIC-2000, se considera que el material no es adecuado para ser utilizado como Base, ya que el CBR mínimo que debe poseer el material usado en esta capa debe ser de al menos 80 al 95% de compactación y por lo tanto se debe mejorar, incrementando su resistencia, estabilizándolo con cemento.

El material de este Banco cumple con las especificaciones técnicas de la NIC-2000 para ser estabilizado y de acuerdo a los resultados de los ensayos practicados en laboratorio, este material alcanzará una resistencia mínima de 19.8 Kg/cm² a proporción del 5% de cemento, resistencia superior a la mínima requerida por la NIC-2000 (1800 KN/m² o 18.35489 Kg/cm²).

La cantidad de cemento a utilizarse para estabilizar el material de este Banco se determinará mediante la Ecuación 7.

$$\text{Bolsas de Cemento} = \frac{\text{Peso Volumétrico Seco Suelo} \times \text{Proporción de Cemento}}{\text{Peso del Cemento}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Peso volumétrico del material del Banco No. 1-A, suelo A-2-6(0) = 2,010 kg/m³

Peso del cemento = 42.5 kg/m³

Proporción del cemento a utilizar = 5%

Sustituyendo estos valores en la Ecuación 7 se obtiene:

Bolsas de cemento: (2,010 kg/m³ * 0.05) / 42.5 kg = 2.3647

Por tanto se utilizarán aproximadamente 2.4 bolsas de cemento por cada m³ de material del Banco No. 1-A, para estabilizarlo y luego ser utilizado en la capa Base de la estructura de pavimento.

➤ **Capa Sub Base:**

Para la capa Sub Base se empleará material en su forma natural de los Bancos No. 2 y No. 5, cuyos suelos están clasificados del tipo A-2-6(0) y A-2-4(0) respectivamente. Los materiales de estos Bancos, en su estado natural, cumplen con los requerimientos de la NIC-2000 para material a utilizar en la Sub Base, la cual requiere de un CBR mínimo de 40 al 95% de compactación, ya que al practicarles las pruebas de CBR arrojó un resultado para el Banco No. 2 de 41 al 95% de compactación y de 58 al 100% de compactación, mientras que para el Banco No. 5 se obtuvieron resultados de CBR de 46 al 95% de compactación y de 66 al 100% de compactación. (Ver anexo III-D, pág. 240).

El material del Banco No. 2 tiene un Índice de Plasticidad de 12 y el material del Banco No. 5 tiene un I.P. de 10 cumpliendo con los establecido en las Especificaciones NIC-2000, asimismo los materiales cumplen con los requerimientos de granulometría. Se utilizará material de estos bancos en su forma natural sin tener que estabilizarlo, lo que dará beneficios al proyecto, reduciendo los costos.

➤ **Sub Rasante:**

Para la Sub Rasante se proponen dos alternativas:

1. Diseñar la estructura de pavimento sobre la capa actual del suelo.

En este sentido se propone utilizar el material actual de la sub rasante, el cual posee un valor de CBR de entre 3 y 4 en el suelo natural al 90% de compactación (ver Tabla 24, pág. 70).

Es muy importante señalar que los resultados de los sondeos sobre la línea muestran que en un 29.73% de ellos el suelo natural, del tipo A-7-5 (13) (18), se encuentra expuesto en la superficie, en un 32.43% se encuentra a una

profundidad de 10 cm o menos, y en un 15.31% se encuentra a una profundidad entre 11 y 20 cm. Es decir que en un porcentaje importante de los sondeos el material natural está en la superficie o muy cercano a ella.

En base a esta información y teniendo en cuenta de que por parte de la alcaldía de Nueva Guinea no hay proyectos de mantenimiento para este tramo, se asumirá que la capa de revestimiento que cubre algunas tramos de la carretera se destruirá por parte de las acciones de las cargas de los vehículos y del clima, por lo que se diseñará con el CBR crítico del suelo natural.

2. Retirar el material actual de la Sub Rasante y rellenar con material de Banco. De acuerdo al perfil estratigráfico (Anexo III-A, pág. 200) se puede ver que únicamente en los sub tramos 0+530 – 0+738, 2+205 – 2+305, 7+597 – 7+670 y 10+350 – 10+450 se encuentran suelos con propiedades buenas para utilizarse como sub rasante con una profundidad de 25 cm. o más. Estos suelos son del tipo A-2-4(0) que tiene un CBR de 42 y 56 al 95 y 100% de compactación, A-2-6(0) con CBR de 38 y 49 al 95 y 100% de compactación, y suelo del tipo A-2-7(0) con CBR de 33 y 45 al 95 y 100% de compactación respectivamente.

Sin embargo, con excepción de los sub tramos antes mencionados, que en total suman 0.481 kilómetros (4.3% del tramo total de carretera) el tipo de suelo característico es el A-7-5, arcilla con plasticidad alta, por lo que se propone en esta segunda alternativa, sustituir el material de la sub rasante actual, en 25 cm de espesor, con el fin de mejorar las propiedades del material de sub rasante.

El material a utilizar provendrá de los Bancos No. 4 y No. 8, ocupándose en su estado natural. El tipo de suelo presente en estos bancos es A-2-4(0) y A-4(0) respectivamente. El Banco No. 4 posee un CBR de 21 al 90% de compactación mientras que el Banco No. 8 posee un CBR de 21 al 95% de compactación.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.1 Generalidades del Pavimento.

4.1.1 Pavimento

Pavimento es una estructura compuesta por un conjunto de capas superpuestas, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados, con el fin de distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito a la sub rasante. Las diferentes capas de la estructura de pavimento se apoyan sobre la sub rasante de la vía y también comprende la superficie de rodamiento sobre la cual los diferentes tipos de vehículos transitaran durante el periodo para el cual sea diseñada dicha estructura del pavimento.

4.1.1.1 Características de un Pavimento

Entre otras, un pavimento debe cumplir con las siguientes funciones:

- a) Soportar y transmitir las cargas que se desarrollen como consecuencia del tránsito de los vehículos sobre la vía, con el fin de que no se produzcan deformaciones perjudiciales.
- b) Resistir las acciones que ejerza el clima, principalmente las lluvias, por lo que es necesario que posea un buen grado de impermeabilidad. Para lograr esto, además de tener cuidado con las características de los materiales a utilizar en las diferentes capas, se deben ejecutar obras con el fin de que el agua sobre la vía drene eficientemente y no se estanque.
- c) Soportar el desgaste producto del tránsito y del clima, presentando una superficie de rodamiento que permita una circulación vehicular ininterrumpida y de acuerdo a las especificaciones técnicas con que fue diseñada, garantizando un nivel de servicio, comodidad y seguridad adecuada para el usuario. La superficie debe ser regular transversal y longitudinalmente para evitar los brincos

u oscilaciones de los vehículos y lograr un bajo nivel de ruido, además debe poseer un color que evite los reflejos y deslumbramientos a los usuarios.

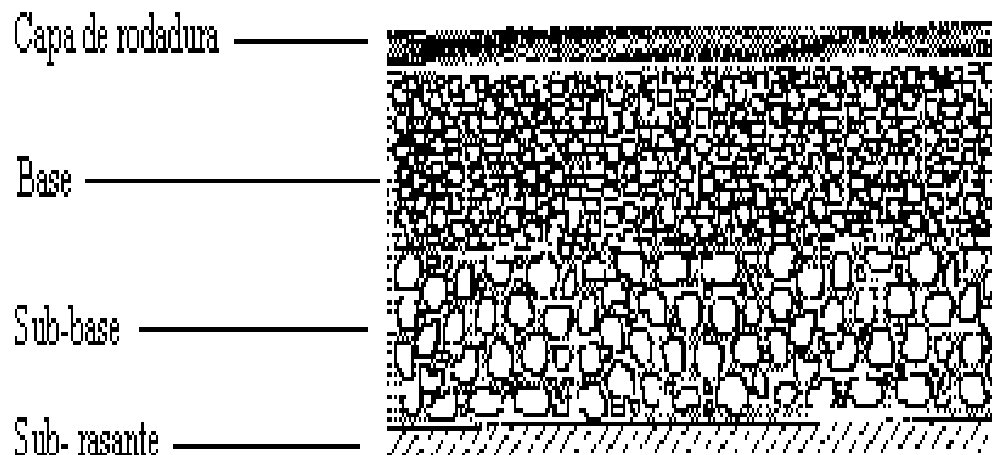
d) Ser Económico. Dado que la disponibilidad de recursos económicos es limitada, al ejecutarse un proyecto se debe velar por que sea técnica y además económicamente viable.

4.1.1.2 Estructura de un Pavimento

La estructura de un pavimento la constituyen tres capas, en orden ascendente tenemos: Sub base, Base y Carpeta de Rodamiento. Estas capas se colocan sobre la sub rasante del terreno y están formadas por materiales de mejor calidad ésta.

En el Gráfico 3 se muestra un ejemplo de cómo, genéricamente, se conforma una Estructura de Pavimento.

Gráfico 3
Estructura de Pavimento



4.1.1.2.1 Sub-base:

Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base. Generalmente la sub base suele ser una capa necesaria en una estructura de pavimento, sin embargo en dependencia de los resultados que arroje el diseño de pavimento, esta capa puede no ser necesaria, principalmente cuando la capacidad de soporte de la sub rasante es buena.

Aun cuando se emplean para absorber los esfuerzos generados por los vehículos, debido a que se encuentran algo alejadas de la superficie en donde se aplican las cargas, no se requieren materiales tan resistentes como los exigidos en las capas de base.

Las funciones principales de una Sub base son las siguientes:

- a)** Reducir los costos de un proyecto, disminuyendo el espesor de las demás capas de la estructura de pavimento, las cuales se construyen generalmente con materiales de mayor costo por tener que cumplir con mayores especificaciones.
- b)** Proteger la capa Base aislándola de los materiales que conforman la sub rasante, previniendo la intrusión de los finos del suelo ya que de no existir el aislamiento dado por el material de sub-base el material de terracería se introducirá en la base, pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que disminuiría la resistencia estructural de la base.
- c)** Dar soporte a las capas estructurales siguientes.
- c)** Evitar la mezcla de materiales de Sub rasante y Base, principalmente cuando se usan piedras trituradas en la base. El material escogido para la sub-base debe producir una capa que confine al suelo plástico y que pueda trabajar, hasta cierto grado, a la flexión, lo cual se consigue con materiales más o menos finos y cohesivos, o de alta cimentación.

4.1.1.2.2 Base:

La capa Base se define como aquella capa de material que está colocada debajo de la capa de rodamiento. Debido a su ubicación, muy cercana a la superficie en donde se aplican las cargas de los vehículos, deben poseer una alta resistencia a la deformación, siendo capaces de soportar los esfuerzos aplicados sobre ellas. Normalmente se construyen con materiales de Módulos Elásticos altos, con lo cual se logra absorber parte de los esfuerzos y distribuirlos a las capas inferiores en una magnitud tal que estos puedan ser soportados por materiales de menor calidad, como son los que conforman las capas de sub-base o de sub-rasante.

Una segunda función de la capa base está asociada con la facilidad de drenar las aguas provenientes de la superficie, o de evitar la ascensión capilar de aguas inferiores. Por último, persiguen un fin económico, ante la posibilidad de emplear materiales de menor costo que los utilizados en la capa de rodamiento.

Normalmente son construidas con mezclas de fragmentos de piedra o grava, y materiales finos de relleno, pudiendo también emplearse suelos locales estabilizados mediante la incorporación de cal hidratada o cemento Portland, en cantidades suficientes para incrementar en forma sustantiva su capacidad de resistencia.

Sus propiedades fundamentales dependerán, por otra parte, del diseño final de la estructura de pavimento, en particular, si se contempla que la capa de base sea, o no, protegida mediante la colocación de un sello de tratamiento asfáltico superficial.

4.1.1.2.3 Carpeta de Rodamiento:

La Carpeta de rodamiento es la capa superior del pavimento la cual soporta directamente el tránsito. Puede estar constituida de material pétreo al cual se le adiciona un producto asfáltico que tiene por objeto servir como aglutinante, por concreto hidráulico (losas), o bien, por un conjunto de bloques intertrabados de

concreto que cumplen con ciertos requisitos de resistencia. Las funciones principales que debe satisfacer la carpeta de rodamiento son las siguientes:

- a) Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
- b) Resistir a la acción de desgaste que ejerce el tránsito de los vehículos y de los agentes climáticos.

4.1.1.3 Clasificación de los Pavimentos

De acuerdo con el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, los pavimentos se clasifican en Pavimentos Rígidos y Pavimentos Flexibles.

4.1.1.3.1 Pavimentos Rígidos

Están conformados de losas de concreto hidráulico, como carpeta de rodamiento, las cuales aseguran la función resistente. Debido a su alta rigidez, las cargas verticales son distribuidas en un área grande, lo que da como consecuencia tensiones reducidas en las capas inferiores. Asimismo poseen un módulo de elasticidad alto, por lo que basan su capacidad portante en la losa. Salvo en los bordes de las losas y en las juntas sin pasadores, las deflexiones (deformaciones elásticas en superficie) son casi inapreciables.

Difieren de los pavimentos flexibles, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, además de que se ven considerablemente afectados por los cambios de temperatura.

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos:

- a) Concreto hidráulico simple: No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

- b) Concreto hidráulico reforzado: Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

- c) Concreto hidráulico reforzado continuo: Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

4.1.1.3.2 Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

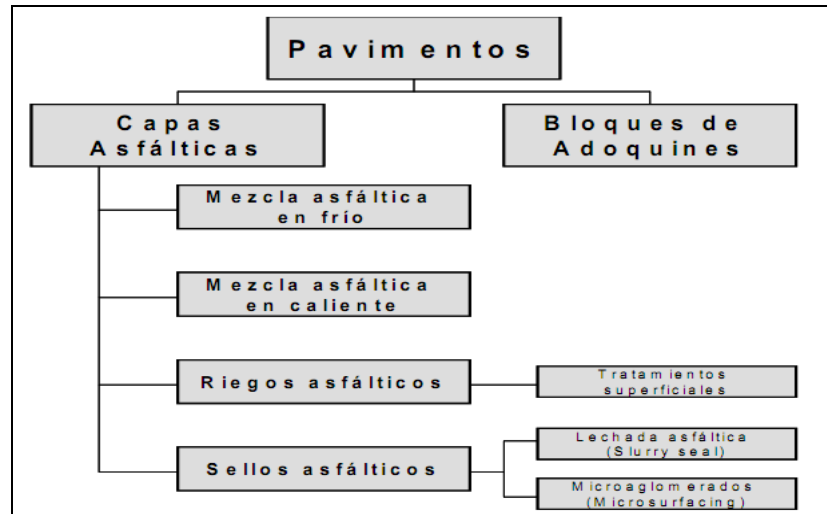
Las características de resistencia y deformabilidad son necesarias para la distribución de esfuerzos, de modo que lleguen a la sub rasante a niveles tolerables que no produzcan fallas, asentamientos u otras deformaciones perjudiciales.

La base, en los pavimentos flexibles, estará formada por materiales friccionantes, cuya capacidad de carga es baja, debido a la falta de confinamiento, por lo que se requiere que sobre la base exista una capa de material cohesivo y resistente a la tensión, como lo es la capa asfáltica.

De acuerdo al Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos las posibles carpetas de rodamiento para constituir un pavimento flexible se muestran en el Flujograma 1 (ver pág. 84).

Flujograma 1

Carpetas de Rodamiento en Pavimentos Flexibles



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

4.1.1.3.2.1 Mezcla de Concreto Asfáltico en Caliente

Una mezcla asfáltica está formada por dos elementos básicos: el cemento asfáltico y los agregados pétreos. Estos materiales, que deben cumplir con requisitos específicos, se mezclan mediante procedimientos controlados en caliente, dando como resultado un material con propiedades y características definidas.

Las propiedades físicas del asfalto de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son las siguientes:

a) Durabilidad: Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento y por consiguiente es difícil definirlo solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características de agregado, la mano de obra en la construcción y otras

variables que incluyen la misma durabilidad del asfalto. Existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto.

Estas pruebas son:

Prueba de Película Delgada en Horno (TFO)

Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO)

Ambas incluyen el calentamiento de películas delgadas de asfalto.

b) Adhesión y Cohesión: Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla para pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo relacionado con esta propiedad es la ductilidad aunque este no mide directamente la adhesión o la cohesión, más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por algunos como relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo “califica - no califica” y solamente indica si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

c) Susceptibilidad a la Temperatura: Los asfaltos tienen las característica de volverse más duros a medida que disminuye su temperatura, y más blandos si su temperatura aumenta. Esta característica se denomina: susceptibilidad a la temperatura la cual es una propiedad muy valiosa para los asfaltos; por eso se denominan Termoplásticos.

La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia. La susceptibilidad a la temperatura, se mide a través de medir la Viscosidad (el ensayo a la Penetración) y esta medición varia en relación a la temperatura del asfalto y del tipo de asfalto: así un asfalto si es duro se dice que es más viscoso y por el contrario si es más blando se dice que el asfalto es menos viscoso.

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ella indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

Es importante mencionar que el asfalto debe tener fluidez a altas temperaturas para que se pueda cubrir las partículas de agregados durante el mezclado para todos los procesos de pavimentación incluyendo el bacheo. Y también se necesita que después se vuelva lo suficientemente viscoso para mantener unidas las partículas de agregados.

d) Endurecimiento y Envejecimiento: Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción y en el pavimento terminado.

Esto es causado principalmente por el proceso de oxidación en el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas como las de la construcción.

Materiales

a) Cemento Asfáltico

Los cementos asfálticos utilizados en trabajos con Mezclas Asfálticas en Caliente, se clasifican bajo tres sistemas diferentes:

➤ Viscosidad

Este es el sistema más utilizado para clasificarlos. En este sistema de viscosidad, el Poise es la unidad normal de medida para la viscosidad absoluta. Cuanto más alto es el número de poises, más viscoso es el asfalto.

En la Tabla 27 (ver pág. 87) se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por tipos de Grados de Viscosidad.

Tabla 27

Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Viscosidad a 60°C

PRUEBA	Grado de Viscosidad					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60° C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135 °C, Cs-mínimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C, 100g. 5s-min.	220	140	80	60	50	40
Punto de llama, Cleveland, °C -mín.	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en Tricloroetileno, % mín.	99	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Pérdida por calentamiento,% máximo (opcional) ¹	100	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60 °C, poises-máximo	100 ²	200	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm -mínimo	100 ²	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y cómo se especifique) ³	Negativa para todos los grados					
Solvente normal de nafta						
Solvente de nafta-xileno, % xileno						
Solvente de heptano-xileno, % xileno						

(1) El uso del requisito de pérdida por calentamiento es opcional.

(2) Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6°C tiene un valor/mínimo de 100.

(3) El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a utilizar la prueba, en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el % de xileno a ser usado

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS-22), Instituto del Asfalto.

De acuerdo a información brindada por las compañías ESSO y SHELL, quienes distribuyen el asfalto en Nicaragua, el tipo de asfalto que comercializan en el país es el AC-20.

➤ Viscosidad después del envejecimiento

En la clasificación de acuerdo a su viscosidad después de envejecido, se identifican las características de viscosidad después que se ha colocado la carpeta del pavimento. Para poder simular el envejecimiento, el asfalto debe ser ensayado en el Laboratorio utilizando un patrón de envejecimiento. La unidad normal es también el Poise.

En la Tabla 28 se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por la Viscosidad después del envejecimiento.

Tabla 28
Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Viscosidad después del envejecimiento a 60°C

PRUEBAS SEGÚN AASHTO T -240	Grado de Viscosidad				
	AR ¹ -10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viscosidad, 60° C, poises	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
Viscosidad, 135 °C, Cs- mínimo	140	200	275	400	550
Penetración, 25°C, 100g. 5s- mín.	65	40	25	20	20
% de Penetración. original, 25°C-mín.	....	40	45	50	52
Ductilidad, 25°C, 5 cm/ min, cm-mín.	100 ²	100 ²	75	50	52
Pruebas sobre el asfalto original:					
Punto de llama. Cleveland °C mínimo	205(400)	219(425)	227(440)	232(450)	238(460)
Solubilidad en Tricloroetileno % mín.	99	99	99	99	99

(1) La abreviación AR corresponde a "Residuo envejecido"

(2) Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6°C tiene un valor/mínimo de 100.

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS-22), Instituto del Asfalto.

➤ Penetración

Para este método se realiza un ensayo con el cemento asfáltico a 25°C, midiéndose la penetración de una carga de 100 gramos luego de 5 segundos. La unidad de medida es la décima de milímetro.

En la Tabla 29 se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por Penetración.

Tabla 29
Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Penetración

Prueba	Grado de Penetración									
	Mástic para sellado de juntas de concreto		Concreto asfáltico				Tratamientos superficiales			
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Penetración a 25°C (77 °F) 100 g. 5 s	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Llama. Ensayo Cleveland °C	450	....	450	....	450	....	425	....	350	....
Ductilidad a 25°C (77 °F) 5cm/min. Cm	100	....	100	....	100	....	100	....	....	....
Solubilidad en Tricloroetileno %	99	....	99	....	99	....	99	....	99	....
Perdida por calentamiento %	....	0.8	....	0.8	....	1.0	....	1.3	....	1.5
Penetración del residuo, % del original	58	....	54	....	50	....	46	....	40	....
Ductilidad del residuo a 25°C. 5 cm/min. Cm	....	....	50	....	75	....	100	....	100	....
Prueba de mancha (cuando y cómo se especifique)	Negativa para todos los grados Negativa para todos los grados Negativa para todos los grados									
Solvente normal de nafta										
Solvente de nafta-xileno, % xileno										
Solvente de heptano-xileno, % xileno										

El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a utilizar la prueba, en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el % de xileno a ser usado.

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS-22), Instituto del Asfalto.

En resumen, de acuerdo al Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, el material asfáltico, tipo, grado, y especificación del cemento asfáltico a utilizar, puede ser cualquiera de los establecidos en la tabla 30.

Tabla 30
Especificaciones del Cemento Asfáltico

Tipo y grado de cemento asfáltico	Especificación
Graduación por viscosidad: <ul style="list-style-type: none">• AC-10• AC-20• AC-40	AASHTO M 226
Graduación por penetración: <ul style="list-style-type: none">• 40 – 50• 60 – 70• 85 – 100• 120 – 150	AASHTO M 20

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

En climas fríos se sugiere utilizar cemento asfáltico de bajo grado de viscosidad para resistir la fisuración. En climas cálidos, por el contrario, se sugiere utilizar cementos asfálticos de alto grado de viscosidad para evitar el ahuellamiento.

b) Agregados pétreos

Para los requerimientos de la Mezcla Asfáltica, se adoptará el método Marshall según AASHTO T-245, que sirve para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los valores indicados en el Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, 2001.

La porción de agregados minerales gruesos retenida en la malla No. 8 se denominará agregado grueso y se compondrá de piedras o gravas trituradas. Sólo se podrá utilizar un tipo único de agregado grueso. La piedra o grava triturada debe ser limpia, compacta y durable, carente de suciedad u otras materias inconvenientes y debe tener un desgaste no mayor de 40% a 500 revoluciones al ensayarse por el método de AASHTO T-96.

Al ser sometidas a ensayos alternativos de resistencia mediante sulfato de sodio empleando el método de AASHTO T-104, no podrá tener una pérdida en peso mayor de 12%. Cuando se utilice grava triturada, no menos de 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4, debe tener dos caras fracturada como mínimo.

El agregado grueso no debe contener más de 8% en peso, de partículas planas o alargadas, considerándose partículas alargadas aquellas cuya relación de largo entre ancho es mayor que 5.0 y plana cuando la relación de ancho entre espesor es mayor que 5.0, según AASHTO T-11 y T-27.

La porción de agregados minerales que pasa la malla No. 8 se denominará agregado fino y podrá estar compuesto por arena natural, tamizados de piedra o de una combinación de ambos. Los agregados finos deben tener granos limpios, compactos, angulares y de superficie rugosa, carentes de terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes.

El material de relleno de origen mineral (filler) que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Portland u otros elementos no plásticos. Los filler se utilizan para rellenar vacíos en la mezcla asfáltica, para espesarla o para mejorar la adherencia.

Estos materiales deben carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones, y cuando sean ensayados en el laboratorio deben cumplir las siguientes exigencias granulométricas

Tabla 31
Granulometría del relleno mineral

Tamiz		% que pasa
0.60 mm	No. 30	100
38.1 mm	No. 100	95 - 100
25.0 mm	No. 200	65 - 100

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente

De acuerdo a las especificaciones técnicas de la NIC-2000, las carpetas de concreto asfáltico en caliente deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 32.

Los métodos más utilizados para el diseño de mezclas de concreto asfáltico en caliente son el método Marshall y el método HVEEM. En el método Marshall se utiliza el “Estabilómetro Marshall” y mide la estabilidad, el flujo, porcentaje de vacíos de aire, porcentaje de vacíos en el agregado mineral y la compactación. En el método HVEEM se mide la estabilidad, el porcentaje de vacíos de aire y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Tabla 32
Requisitos de la Mezcla de Concreto Asfáltico en Caliente

Requisitos de la Mezcla de Concreto Asfáltico			
Parámetro de Diseño ⁽¹⁾	Clase de Mezcla		
	A	B	C
(a) Hveem (AASHTO T 246 y AASHTO T 247)			
(1) Estabilómetro, mínimo.	37	35	30
(2) Porcentaje de vacíos de aire (1)	3-5	3-5	3-5
(3) Vacíos en el agregado mineral, mínimo %	Tabla 33 405-2		
(b) Marshall (AASHTO T 245)			
(1) Estabilidad, KN mín.	8.00	5.34	4.45
(2) Flujo, 0.25 mm	8-14	8-16	8-20
(3) Porcentaje de vacíos de aire ⁽¹⁾	3-5	3-5	3-5
(4) Vacíos en el agregado mineral, mín. %	Tabla 33 405-2		
(5) Compactación, número de golpes en cada extremo del espécimen de prueba.	75	50	50
(c) Inmersión - Compresión (AASHTO T 165 y AASHTO T 167)			
(1) Resistencia a la Compresión, MPa mín.	2.1	1.7	1.4
(2) Resistencia retenida, mín. %	70	70	70
(d) Relación con Resistencia a la Tensión, mín. % (ASTM D 4867) Resistencia retenida, mín. %	70	70	70
(e) Relación polvo - asfalto ⁽²⁾	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3

(1) Los porcentajes de vacíos de aire están basados en AASHTO T 166, AASHTO T 209, AASHTO T 269. La gravedad específica máxima (densidad) estará basada en AASHTO T 209.

(2) La relación polvo-asfalto es definida como el porcentaje de material que contiene aditivo para adherencia, no líquido y relleno mineral que pasa el tamiz de 75 μ , dividido entre el porcentaje de asfalto (calculado en peso de la mezcla).

Fuente: NIC-2000

Tabla 33
Vacíos en el Agregado Mineral
Diseño de Mezcla según los métodos Marshall y HVEEM.

Tamaño del Tamiz ⁽¹⁾	Mínimo de Vacíos ^{(2) (3)} Porcentaje	
	Marshall	Hveem
2.36 mm	21	19
4.75 mm	18	16
9.5 mm	16	14
12.5 mm	15	13
19 mm	14	12
25 mm	13	11
37.5 mm	12	10
50 mm	11.5	9.5

(1) El tamaño de tamiz más grande listado en la especificación aplicable, en el cual es permitido retener cualquier material.

(2) El VAM a ser determinado de acuerdo con el Manual MS-2 del A.I.

(3) Cuando se usa relleno mineral o un aditivo no líquido para adherencia, incluyase el porcentaje especificado en el cálculo de cumplimiento con el VAM.

Fuente: NIC-2000

4.1.1.3.2.2 Adoquines

Los adoquines son elementos contruidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

a) Materiales

Se usarán materiales que cumplan con la misma calidad que el usado en el concreto hidráulico.

Cemento tipo Portland:

Los cementos hidráulicos deben ajustarse a las Normas AASHTO M-85 para los Cementos Portland y a las normas AASHTO M-240, para Cementos Hidráulicos Mezclados.

El cemento Portland debe cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla 34.

Tabla 34
Especificaciones para el Cemento Portland

AASHTO	Referencia
T – 89	Finura del cemento (por turbidímetro)
T – 105	Composición química del cemento
T – 106	Resistencia a la compresión del mortero del cemento
T – 107	Expansión del cemento en autoclave
T – 127	Muestreo del cemento
T – 131	Tiempo de fraguado (agua de Vicat)
T – 137	Contenido de aire del mortero de cemento
T – 153	Finura del cemento (permeámetro)
T – 154	Tiempo de fraguado (aguja de Gilmore)
T - 186	Endurecimiento inicial del cemento

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

a) Adoquines de Concreto:

De acuerdo a las especificaciones de la NIC-2000 para pavimento de adoquines de concreto, el adoquín a usarse, incluyendo las cuchillas, será el denominado TIPO TRAFICO, cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor que los siguientes valores:

d) Tipo 1 para Tráfico Pesado: 49.0 MPa (7000psi)

e) Tipo 2 para Tráfico Liviano: 34.3 MPa (5000psi)

El adoquín no deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras ni cavidades, ni tener materiales extraños tales como piedras, trozos de madera o vidrio, embebidos en su masa. Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas al ser colocados. El tamaño máximo del agregado a usar en el concreto es de 19 milímetros.

b) Cama de arena:

La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.

c) Arena de sello:

Los adoquines se colocarán directamente sobre la arena, de manera que las juntas entre ellos no excedan los 5 milímetros. La arena de sello entre juntas de adoquines puede ser, de la misma usada para su lecho, cribada por el tamiz No. 8.

b) Ensayos de laboratorio del adoquín

Después de construido el adoquín, será necesario hacerle determinadas pruebas para comprobar si el diseño de la mezcla cumple los requisitos de resistencia y propiedades requeridas.

b.1) Examen visual, forma y medidas: para este análisis, las medidas se deben tomar con una aproximación de +/- 1 milímetro.

b.2) Absorción: Debido a la correlación existente con la resistencia del adoquín, se indica que si aumenta la absorción, disminuye la resistencia a la compresión. El porcentaje de absorción determinado en una muestra, será comparado con un porcentaje patrón, el cual haya sido determinado de un adoquín del cual se ha obtenido una alta resistencia a la compresión.

b.3) Resistencia al desgaste: se indica que en el ensayo normal, la pérdida volumétrica no debe exceder de $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ y la disminución de espesor no debe ser mayor de 3 centímetros.

4.2 METODO DE DISEÑO AASHTO – 93 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

La Asociación de Administradores de Carreteras de los Estados Unidos, AASHTO por sus siglas en inglés, realizó desde octubre del año 1958 hasta octubre de 1960 una serie de experimentos viales sobre 6 circuitos construidos especialmente para tal fin. Luego de analizar la información recopilada en las pruebas, a finales de 1962 se publican las primeras Guías Provisionales para el Diseño de Pavimentos.

Desde la publicación de la primera guía AASHTO, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con la finalidad de mejorar su uso y su confiabilidad.

El método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles, el cual fue publicado en el año de 1993, es el usado actualmente para el diseño de pavimentos flexibles, este método incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar su confiabilidad.

4.2.1 Variables de Diseño.

Las variables de diseño que requiere el método ASSHTO 93 para el diseño de la estructura de pavimento flexible son las siguientes:

a) Tiempo: Incluye la escogencia de los datos de entrada para los períodos de análisis que afectarán o restringirán el diseño del pavimento. Es decir, permite seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que dure todo el período de análisis hasta construcciones por etapas.

➤ **Período de Diseño:** Es el tiempo que dura una estructura inicial de pavimento antes de que requiera rehabilitación. También se, refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas.

➤ **Período de Análisis:** Es el lapso de tiempo que debe ser cubierto por cualquier estrategia de diseño.

b) Tránsito: Consiste en el número de ejes equivalentes de 18 kips (Wt18) en el carril de diseño y se determina mediante la ecuación 8.

$$Wt_{18} = T \text{ diseño} * \text{Factor equivalente de carga} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde el T diseño se refiere al tránsito de diseño, el cual fue calculado en el capítulo 2 de esta monografía (ver pág. 34).

El Factor equivalente de carga (LEF), se define como el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

La ecuación 9 permite obtener los factores de equivalencia.

$$LEF = \frac{\text{No. de ESAL's de 80 kN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. De ejes de 80 kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Ecuación 9

Como cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, los LEFs también conocidos como factores ESAL's, cambian en función del tipo de pavimento. En los pavimentos flexibles cambia según el SN (Structural Number, número estructural), además que también cambian según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño. Cabe señalar que este factor convierte los diferentes tipos de cargas por eje vehicular de magnitud variable a ejes equivalentes o eje sencillo de 18,000 libras.

Para calcular los W₁₈ o ESAL's de diseño que se aplicarán a una estructura de pavimento flexible es necesario asumir en primera instancia, el número estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas. También se tiene que asumir el índice de serviciabilidad final aceptable, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según el tipo de carretera. En el Anexo IV-A (ver pág. 275) se muestran los LEF para ejes simples y tandem de acuerdo a la guía AASHTO 93.

c) Confiabilidad (R):

La Confiabilidad se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado. La confiabilidad también puede ser definida como la probabilidad de que el número de repeticiones de cargas que un pavimento pueda soportar para alcanzar un determinado nivel de servicio, no

sea excedido por el número de cargas que realmente estén siendo aplicadas sobre ese pavimento.

La tabla 35 presenta niveles de confiabilidad recomendables, para diferentes carreteras.

Tabla 35
Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

d) Desviación Estándar Total (So):

El valor de la Desviación Estándar del sistema debe ser representativo de las condiciones locales.

En la Tabla 36 (ver pág. 100) se presentan los valores recomendados para la Desviación Estándar por la AASHTO.

Tabla 36

Valores recomendados para la Desviación Estándar (So)

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 (0.45 valor recomendado)

Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

e) Serviciabilidad (PSI):

Se define como la habilidad que posee el pavimento de servir al tipo de tráfico que lo utiliza. La medida fundamental de esta variable, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHO, es el Índice de Serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero (0) -vía intransitable- a cinco (5) vía con un pavimento perfecto-.

Los índices de serviciabilidad inicial (po) y final, o terminal, (pt), deben ser establecidos para calcular el cambio total en la serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño.

El Índice de Serviciabilidad Inicial (po) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido de po en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles fue de 4,2.

El Índice de Serviciabilidad Final (pt), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la

importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña. En la Tabla 37 se muestran los valores de serviciabilidad final por tipo de carretera.

Tabla 37
Valores recomendados de P_t por tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	SERVICIABILIDAD FINAL (P_t)
PRINCIPALES	2.5 o más.
DE TRANSITO MENOR	2.0

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

La ecuación del índice de servicio presente (Δ PSI) es:

$$\Delta \text{ PSI} = P_t - P_o \quad \text{Ecuación } 10$$

f) Drenaje

En el método AASHTO 93 han sido definidos diferentes niveles de calidad del drenaje. Estos dependen del tiempo que se considera que el pavimento puede encontrarse con una cantidad de agua cercana a la saturación.

Este método deja en libertad al Ingeniero que diseña identificar cual nivel de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje.

En la tabla 38 (ver pág. 102) se muestran los diferentes niveles de drenaje de la estructura del pavimento.

Tabla 38
Niveles de drenaje

Nivel de Drenaje	Agua eliminada dentro de
Excelente	Dos (2) horas
Buena	Un (1) día
Regular	Una (1) semana
Pobre	Un (1) mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

El efecto de la calidad del drenaje sobre la estructura del pavimento se toma en cuenta a través de un "factor de ajuste (m)", por el cual se multiplican los coeficientes estructurales de la base y sub-base.

El factor de ajuste (m) es función de las características de drenaje del suelo de fundación, y del tiempo durante el cual la sub-rasante podrá estar en condiciones de saturación.

Tabla 39
Valores de m_i recomendados para modificar los coeficientes de capa de base y sub-base granulares.

Calidad de Drenaje de la Base o sub-base	Porcentaje del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de humedad cercanas a saturación			
	Menos del 1 %	Entre el 1 y 5 %	Entre el 5 y 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

4.2.2 Propiedades de los materiales

Características de la sub rasante o fundación:

El valor soporte de la sub rasante o fundación del pavimento debe caracterizarse en términos de Modulo Resiliente (M_r) en función de las condiciones de humedad a que estaría sometido el suelo a lo largo del año, ya que esta condición afecta su valor soporte, en especial en suelos finos arcillosos.

El M_r se obtiene efectuando ensayos en laboratorio (Método AASHTO T-274) sobre muestras representativas, bajo condiciones de esfuerzo y humedad similares a aquellas de las épocas predominantes en el año, es decir las estaciones climatológicas durante las cuales se obtendrán valores significativamente diferentes. Estos resultados permitirán establecer relaciones entre diferentes módulos resilientes y contenidos de humedad, que puedan ser utilizadas conjuntamente con estimaciones de "humedades en sitio" bajo el pavimento, para establecer valores de módulo resiliente para las diversas estaciones climatológicas.

El ensayo se realiza en una celda triaxial equipada con sistemas capaces de transmitir cargas repetidas. La briqueta de ensayo tiene generalmente 10 cm de diámetro por 20 cm de altura.

No obstante y considerando que el equipo requerido para este ensaye es de un costo bastante alto y de operación compleja, la misma guía ofrece alternativas para determinar este parámetro de diseño. Por esta razón recomienda el uso de ecuaciones de correlación en función del CBR.

En la Tabla 40 (ver pág. 104) se muestran las ecuaciones de correlación recomendadas.

Tabla 40

Ecuaciones de Correlación para determinar Mr de la Sub rasante en función del CBR

1. Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 7,2%

$$M_R = 1.500 * CBR$$

2. Para materiales de sub-rasante con CBR mayor de 7,2% pero menor o igual a 20,0%

$$M_R = 3.000 * (CBR)^{0.65}$$

3. Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 20,0%, se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO-93:

$$M_R = 4.326 * \ln(CBR) + 241$$

Nota: El valor resultante de estas correlaciones se mide en unidades de lb/pulg² -psi-.

Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

4.2.3 Diseño Estructural del Pavimento.

El método AASHTO es aplicable para vías con un tránsito superior a $0.05 * 10^6$ ejes equivalentes a 8.2 toneladas. La ecuación de diseño utilizada para pavimentos flexibles, toma la siguiente forma:

Ecuación 11

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Dónde:

Variables independientes:

Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el periodo de diseño (n).

ZR: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento. Estos valores se encuentran en el Anexo IV-B (ver pág. 279).

So: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

Δ PSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la calidad de acabado del pavimento al concluirse su construcción (po) y su calidad al final del periodo de diseño (pt).

MR: Módulo Resiliente de la sub rasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

Variable dependiente:

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

4.2.3.1 Número Estructural Requerido

El número estructural requerido (SN) se puede obtener por medio de la ecuación de diseño de la AASHTO (ecuación 11, ver pág. 104). Asimismo se puede determinar por medio del nomograma de diseño recomendado por la AASHTO (Anexo IV-C, ver pág. 280), en base a los parámetros de: Confiabilidad (R), Desviación Estándar (So), Tránsito estimado (Wt18), Modulo Resiliente de la Sub rasante (MR) y Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).

Existen diversos programas informáticos para determinar el Número Estructural Requerido en un diseño de Pavimento Flexible. Uno de estos programas es el Programa PAS (Pavement Analysis System) desarrollado por la Asociación de Pavimentadores de Concreto de los Estados Unidos (ACPA).

4.2.3.2 Coeficientes Estructurales de las diversas capas que forman la Estructura de Pavimento:

El coeficiente estructural (a_i) es una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material/mezcla determinado, para servir como un componente estructural de un pavimento.

Los coeficientes estructurales (a_i) que son empleados en el Método AASHTO '93, para los diversos materiales/mezclas que forman las distintas capas de la estructura de pavimento son los siguientes:

a) Sub-base:

Para la capa de sub-base requiere del empleo de un coeficiente de capa **a3** para convertir su espesor (d_3) en su número estructural (SN), que es el indicativo del espesor total requerido del pavimento.

b) Base:

Puede ser granular o estabilizada. Está representada por un coeficiente de capa **a2** que permite convertir su espesor real (d_2) a su número estructural.

c) Carpeta de rodamiento:

En el caso de la carpeta de rodamiento depende del material que esté constituida, ya sea Adoquín o Concreto Asfáltico. Está representada por un coeficiente de capa **a1**, que permite convertir su espesor real (d_1) a su número estructural. En el caso del Concreto Asfáltico este coeficiente se puede determinar mediante el Modulo Elástico o bien a partir de la Estabilidad Marshall.

La ecuación general que relaciona el número estructural (SN) con los coeficientes estructurales y espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Ecuación 12

Dónde:

ai = Coeficiente estructural de la capa "i".

di = Espesor de la capa "i" en pulgadas.

mi = Coeficiente de drenaje de la capa "i". Valor a criterio del Ingeniero diseñador. (Tabla 39, ver pág. 102)

Por razones técnicas y económicas la colocación de una capa de pavimento muy delgada no es práctica, por tal motivo el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos recomienda espesores mínimos para la carpeta de rodamiento y base granular mostrados en la tabla 41.

Tabla 41
Espesores mínimos requeridos

Numero de ESAL's	Espesores mínimos (centímetros)	
	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0	10.0
50,000 – 150,000	5.0	10.0
150,000 – 500,000	6.5	10.0
500,000 – 2,000,000	7.5	15.0
2,000,000 – 7,000,000	9.0	15.0
Más de 7,000,000	10.0	15.0

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

4.2.3.3 Determinación de los espesores de las capas de la Estructura de pavimento

Siendo el pavimento flexible un sistema multicapa, basado principalmente en los valores mecánicos de las diferentes capas que forman la estructura; el Numero Estructural (SN) para cada capa de la estructura de pavimento se determinará en base a la ecuación 12 (ver pág. 106).

a) Carpeta de rodamiento: Se evaluarán dos alternativas, una estará compuesta por adoquines y la otra por concreto asfáltico.

El SN para esta capa se determinará por medio de la ecuación:

$$SN_1 = a_1 * d_1 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

a₁ = Coeficiente estructural del adoquín/concreto asfáltico.

De acuerdo al método AASHTO 93 plasmado en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, el coeficiente estructural del Adoquín es de 0.45.

Para el caso del Concreto Asfáltico hay dos variantes para determinar el coeficiente estructural **a₁**. Si se conoce el Modulo de Elasticidad del Concreto se hará uso del grafico previsto en el Anexo IV-D (ver pág. 281). O bien, si se conoce la Estabilidad Marshall se hará uso del grafico previsto en el Anexo IV-E (ver pág. 282).

d₁= Espesor de la carpeta de rodamiento, adoquín/concreto asfáltico.

b) Base

El SN para esta capa se determinará por medio de la ecuación:

$$SN_2 = a_2 * d_2 * m_2 \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

a2 = Coeficiente estructural de la base

d2 = Espesor de la capa de base

m2 = Coeficiente de drenaje de la capa de base

Esta capa puede estar compuesta por:

➤ **Bases granulares:**

En el Anexo IV-F (ver pág. 283) se muestra el gráfico a emplearse para estimar el coeficiente estructural **a2** para un material granular de base.

➤ **Bases estabilizadas:**

En el Anexo IV-G (ver pág. 284) se muestra el gráfico a emplearse para estimar el coeficiente **a2** de una base de suelo cemento a partir de su módulo resiliente o de su compresión a los siete días.

c) Sub-bases Granulares:

El SN para esta capa se determinará por medio de la presente ecuación:

$$SN_3 = a_3 * d_3 * m_3 \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

a3 = Coeficiente estructural de la sub-base

d3 = Espesor de la capa de sub-base

m3 = Coeficiente de drenaje de la capa de sub-base

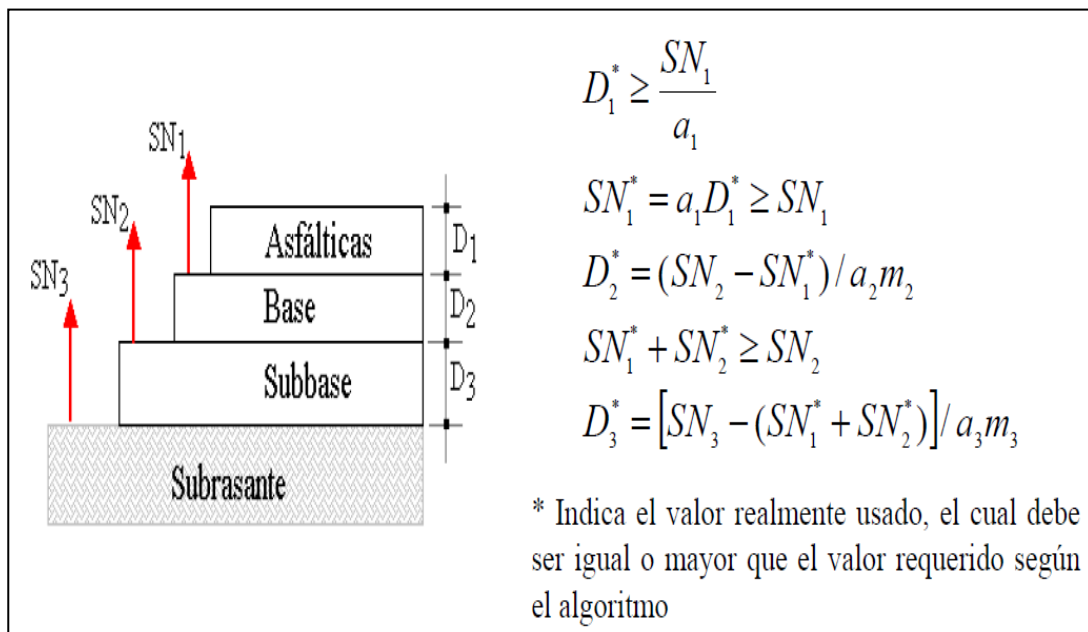
En el Anexo IV-H (ver pág. 285) se muestra el gráfico a emplearse para estimar el coeficiente **a3**.

4.2.3.4 Consideraciones de diseño estructural por el método ASSHTO 93.

De acuerdo a la guía ASSHTO 93, se requiere determinar el número estructural (SN) requerido para proteger cada capa inferior de la estructura de pavimento, con el fin de que éste resista las cargas de tránsito a que será expuesto. Se debe cumplir que en el diseño de la estructura de pavimento el Número estructural SN efectivo (Calculado) deberá ser mayor o igual que el Número estructural SN requerido (Diseño).

SN efectivo (Calculado) \geq SN requerido (Diseño)

Al calcular el SN efectivo (calculado) se deberá cumplir los siguientes parámetros recomendados por el método AASHTO 93:



Fuente: Ing. Fernando Sánchez Sabogal, Diseño de Pavimentos Asfálticos para calles y carreteras.

4.3 Variables de diseño determinadas para el presente estudio

En el presente trabajo monográfico se diseñarán dos estructuras de pavimento, una con carpeta de rodamiento a base de adoquines y otra de concreto asfáltico. Es importante señalar que ambas alternativas corresponden al tipo de Pavimento Flexible.

Para este diseño se aplicarán los criterios establecidos por el Método AASHTO 93 el cual fue expuesto en el marco teórico de este capítulo.

A continuación se especifican las variables que son requeridas en la guía AASHTO 93 para el diseño de esta estructura de pavimento:

a) Período de análisis: En base al tipo de carretera se seleccionó un período de análisis de 20 años (Tabla 1, ver pág. 16).

b) Confiabilidad (R): Se seleccionó un nivel de confiabilidad del 85%, de acuerdo a la clasificación funcional de la carretera. (Tabla 35, ver pág. 99).

c) Serviciabilidad (Δ PSI): El valor de la serviciabilidad inicial (P_o) se tomó en base al valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles, que fue de 4,2.

El valor de serviciabilidad final (P_t) se consideró de 2.0, esto en base al tipo de carretera en análisis. (Tabla 37, ver pág. 101).

Sustituyendo estos valores que el Δ PSI = 2.20.

d) Tránsito (W_{t18}): Consiste en el número de ejes equivalentes de 18 kips en el carril de diseño.

Para el cálculo de los ejes equivalentes, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

➤ Condiciones de carga de los vehículos

Los vehículos que circularán sobre la carretera lo harán en base al Diagrama de Cargas Permisibles que establece el Ministerio de Transporte e Infraestructura por tipo de vehículo autorizado en Nicaragua (Anexo IV-I, ver pág. 286).

➤ Factores equivalentes de Carga

Para determinar los efectos de las cargas que actúan sobre el pavimento, el método AASHTO 93 transforma las cargas de 18 Kips mediante los factores equivalentes de carga, LEF por sus siglas en inglés.

Para determinar estos factores equivalentes de carga se deberá asumir en primera instancia un Numero Estructural (SN) para pavimento flexible. Con este SN asumido y con el valor de serviciabilidad final (Pt) que es de 2.0, se procede a los LEF de la tabla que especifica el método AASHTO 93 y que se encuentra en el Anexo IV-A (ver pág. 275). Para este estudio asumimos un número estructural (SN) de 5 para pavimento flexible.

Un ejemplo de cálculo de los LEF es el siguiente:

Para el tipo de vehículo automóvil el peso máximo por eje es de 2.2 kips, se busca este dato en la tabla de Factores Equivalentes de Carga de la Guía AASHTO para ejes simples con un Pt:2 (ver anexo IV-A, pág. 275). Dado de que las cargas en esta tabla vienen dadas en números enteros pares desde 2 hasta 50, se tiene que obtener el factor para una carga de 2.2 a través de una interpolación. El resultado se muestra a continuación:

Kips	2	Kips	4
Factor	0.0002	Factor	0.002
	Kips real de vehiculo	2.2	
	Factor buscado	0.0004	

Con los LEF ya obtenidos para cada tipo de vehículo, y con el Transito de diseño (TD) previamente calculado en el capítulo de tránsito (Tabla 13, ver pág. 34), procedemos a calcular los ESAL's de diseño para cada tipo de vehículo, por medio de la ecuación 8 (ver pág. 97):

$$Wt_{18} = T_{\text{diseño}} * \text{Factor equivalente de carga}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 42.

Tabla 42
Ejes equivalentes de 18 kips (Wt18)

Tipo	Peso Máximo por eje (libras)	Factor ESAL	TD	ESAL DE DISEÑO
Autos	2,200	0.0004	239,551	95.82
	2,200	0.0004		95.82
Camionetas	2,200	0.0004	113,552	45.42
	4,400	0.0034		386.08
Microbús	4,400	0.0034	26,376	89.68
	8,800	0.0502		1,324.08
Bus	11,000	0.1265	76,524	9,680.29
	22,000	2.35		179,831.40
Camioneta Pick Up	8,800	0.0502	156,778	7,870.26
	17,600	0.9206		144,329.83
C2	11,000	0.1265	440,164	55,680.75
	22,000	2.35		1034,385.40
C3	11,000	0.1265	4,688	593.03
	36,300	1.4325		6,715.56
T3S2	11,000	0.1265	6,260	791.89
	35,200	1.26		7,887.60
	35,200	1.26		7,887.60
Σ				1,457,690.49

e) Desviación estándar total: De acuerdo a lo recomendado en la Tabla 36 (ver pág. 100) se selecciona el valor de 0.45.

f) Drenaje: Se asume un coeficiente de drenaje (mi) igual a 1.00 (Tabla 39 ver pág. 102), con un nivel de drenaje bueno.

g) CBR: En el capítulo de Estudio de Suelos se estableció, en base a los sondeos realizados sobre la línea, que la capa de material natural del tramo está conformada por suelos del tipo A-7-5 con índices de grupo (13) y (18), con un valor soporte de 3 y 4 respectivamente al 90% de compactación.

Asimismo, para el diseño de la estructura de pavimento se propusieron dos alternativas para determinar el CBR de la sub rasante.

En la primera alternativa se establece que se construirá la estructura de pavimento sobre el suelo natural actual de la carretera, tomando el valor de referencia más crítico del tramo, es decir un CBR de 3 (tabla 24, ver pág. 70).

En la segunda alternativa se considera que se mejorará la sub rasante actual, retirando el material actual y sustituyéndolo por material de los Bancos No. 4 y No. 8, ambos con CBR de 21.

Módulo resiliente de la sub-rasante (Mr): Estos se determinaran en base a lo establecido en la Tabla 40 (ver pág. 104).

- En la primera alternativa, dado que el CBR de la sub rasante es de 3 (menor que 7.2), se ocupará la ecuación siguiente:

$$\text{Mr: } 1500 * \text{CBR}$$

Se obtiene un valor de Mr: 4,500 lb/pulg².

- En la segunda alternativa, dado que el CBR de la sub rasante es de 21 (mayor que 20), se ocupará la ecuación siguiente:

$$\text{Mr: } 4,326 * \ln(\text{CBR}) + 241$$

Se obtiene un valor de Mr: 13,411.60 lb/pulg².

4.3.1 Coeficientes Estructurales de las Capas de la Estructura de Pavimento

➤ **Carpeta de Rodamiento:**

Adoquín: En base a lo explicado en el acápite 4.2.3.3 (ver pág. 108) inciso (a) se utilizará un coeficiente estructural **a1** para el adoquín de **0.45**.

Concreto Asfáltico: Para determinar el coeficiente estructural de esta alternativa se ha asumido que el Concreto Asfáltico tendrá una Estabilidad Marshall de 1,800 libras. De acuerdo al Dr. Ing. Augusto Jugo B. en su documento titulado “METODOLOGIA PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VIAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO (Agosto 2010)” la Estabilidad Marshall mínima para la capa de rodamiento de Concreto Asfáltico es de 1,600 libras.

En el Anexo IV-E (ver pág. 282) se muestra el grafico utilizado para calcular el coeficiente estructural **a1** del Concreto Asfáltico en base a la Estabilidad Marshall. El Coeficiente resultante es de **0.41**.

Este resultado es congruente con lo que se establece en el Documento Diseño Estructural de Pavimentos, elaborado por el Servicio de Vivienda y Urbanización Regional Metropolitana de Chile. En este documento se especifica que para una Estabilidad Marshall del Concreto Asfáltico entre 8,000 y 10,000 N (1,798.42 y 2,248.09 libras) el coeficiente **a1** rondará entre 0.40 y 0.42.

- **Base:** En el Anexo IV-G (ver pág. 284) se muestra el grafico utilizado para calcular el coeficiente estructural de la Base **a2**, se ocupará material proveniente del Banco 1-A estabilizado con cemento con una dosificación del 5%, (Tabla 26, ver pág. 74) y tiene una resistencia a la compresión de 19.8 Kg/cm² (281.62 lb/pulg²). El Coeficiente **a2** resultante es de 0.137.

- **Sub base:** En el Anexo IV-H (ver pág. 285) se muestra el gráfico utilizado para determinar el coeficiente estructural de la Sub base **a3** en base al valor del CBR del material a utilizar en esta capa. Para esta capa se utilizará material de los Bancos 2 y 5 que tienen un CBR de 41 y 46 respectivamente al 95% de compactación (Tabla 25, ver pág. 72). El coeficiente **a3** resultante es de 0.121.

4.3.2 Solución de la Ecuación del Método AASHTO 93.

Calculo de Espesores de la Estructura de Pavimento, Numero Estructural Efectivo, Numero Estructural Requerido y su verificación.

La ecuación AASHTO-93 puede ser resuelta a través de iteraciones sucesivas, ya sea de forma manual, o bien por medio de programas de computadora. La Asociación de Pavimentadores de Concreto ofrece un Programa denominado Pavement Analysis System (PAS), el cual resuelve dicha ecuación de una manera sencilla.

Para efectos del presente trabajo monográfico se hará uso del Programa PAS, el cual se ocupa en el ambiente Windows, WINPAS, versión 1.0.0.

Asimismo se procederá a calcular los espesores de las capas de la estructura de pavimento con dos alternativas: Con el material de la sub rasante actual (CBR de 3) y con la sub rasante mejorada con material de banco (CBR de 21).

4.3.2.1 Solución Alternativa 1: Con la Sub Rasante actual de la carretera.

a) Adoquinado

En la Tabla 43 (pág. 117) se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa Adoquinado con la sub rasante actual y que ya han sido determinadas previamente en este capítulo.

Tabla 43

Variables de diseño a introducirse en el Programa WINPAS.

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	1,457,690.49
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Modulo Resiliente	Mr	4,500 lb/pulg ²
Serviciabilidad inicial del pavimento Serviciabilidad final del pavimento	Po	4.2
	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.45
	a2	0.137
	a3	0.121
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Al introducir los datos antes descritos en el Programa WINPAS (Anexo IV-J, ver pág. 287), se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 44.

Tabla 44

Resultados obtenidos Programa WINPAS

Alternativa Adoquinado

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	4
Base	6
Sub Base	12

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

SN requerido (Diseño) = 4.02

SN efectivo (Calculado) = 4.07

SN efectivo (Calculado) ≥ SN Requerido: 4.07 ≥ 4.02 OK. 

La estructura de pavimento del tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, para la alternativa Adoquinado con la sub rasante actual, quedará conformada del modo que se especifica en la Tabla 45.

Tabla 45
Estructura de pavimento, Alternativa Adoquinado

CAPA	MATERIAL QUE LO COMPONE	ESPESOR (PULGADAS)
CARPETA DE RODAMIENTO	ADOQUINES DE 5,000 PSI	4
CAMA DE ARENA	ARENA (SEGÚN ESPECIFICACIONES NIC-2000)	2
BASE	MATERIAL DE BANCO 1-A ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%	6
SUB BASE	MATERIAL DE LOS BANCOS 2 Y 5 EN SU ESTADO NATURAL	12

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

b) Concreto Asfáltico

Al ser el Concreto Asfáltico un pavimento del tipo Flexible, las variables de diseño que requiere el método ASSHTO 93 para el diseño de esta estructura de pavimento son las mismas que las utilizadas en el diseño de la alternativa Adoquín, con excepción del Coeficiente Estructural de la Carpeta de Rodamiento.

En la Tabla 46 (ver pág. 119) se se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa Concreto Asfáltico con la sub rasante actual y que ya han sido determinadas previamente en este capítulo.

Tabla 46

Variables de diseño a introducirse en el Programa WINPAS.

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	1,457,690.49
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Modulo Resiliente	Mr	4,500 lb/pulg ²
Serviciabilidad inicial del pavimento Serviciabilidad final del pavimento	Po	4.2
	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.41
	a2	0.137
	a3	0.121
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Al introducir los datos antes descritos en el Programa WINPAS (Anexo IV-K, ver pág. 291), se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 47.

Tabla 47

Resultados obtenidos Programa WINPAS

Alternativa Concreto Asfáltico

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	3
Base	6
Sub Base	17

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

SN requerido (Diseño) = 4.02

SN efectivo (Calculado) = 4.11

SN efectivo (Calculado) \geq SN Requerido: $4.11 \geq 4.02$ OK. 

La estructura de pavimento del tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, para la alternativa Concreto Asfáltico con la sub rasante actual, quedará conformada del modo que se especifica en la Tabla 48.

Tabla 48
Estructura de pavimento, Alternativa Adoquinado

CAPA	MATERIAL QUE LO COMPONE	ESPESOR (PULGADAS)
CARPETA DE RODAMIENTO	CONCRETO ASFÁLTICO; ESTABILIDAD 1,800 LIBRAS	3
BASE	MATERIAL DE BANCO 1-A ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%	6
SUB BASE	MATERIAL DE LOS BANCOS 2 Y 5 EN SU ESTADO NATURAL	17

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

4.3.2.2 Solución Alternativa 2: Sub Rasante mejorada con material de Bancos No. 4 y No. 8.

a) Adoquinado

En la Tabla 49 (ver pág. 121) se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa Adoquinado con sub rasante mejorada.

Tabla 49

Variables de diseño a introducirse en el Programa WINPAS.

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	1,457,690.49
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Modulo Resiliente	Mr	13,411.6 lb/pulg ²
Serviciabilidad inicial del pavimento Serviciabilidad final del pavimento	Po	4.2
	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.45
	a2	0.137
	a3	0.121
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Al introducir los datos antes descritos en el Programa WINPAS (Anexo IV-L, ver pág. 295), se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 50.

Tabla 50

Resultados obtenidos Programa WINPAS

Alternativa Adoquinado

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	4
Base	7
Sub Base	0

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

SN requerido (Diseño) = 2.76

SN efectivo (Calculado) = 2.76

SN efectivo (Calculado) ≥ SN Requerido: 2.76 ≥ 2.76 OK. 

La estructura de pavimento del tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, para la alternativa Adoquinado con la sub

rasante mejorada, quedará conformada del modo que se especifica en la Tabla 51.

Tabla 51
Estructura de pavimento, Alternativa Adoquinado

CAPA	MATERIAL QUE LO COMPONE	ESPESOR (PULGADAS)
CARPETA DE RODAMIENTO	ADOQUINES DE 5,000 PSI	4
CAMA DE ARENA	ARENA (SEGÚN ESPECIFICACIONES NIC-2000)	2
BASE	MATERIAL DE BANCO 1-A ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%	7

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

b) Concreto Asfáltico

En la Tabla 52 se se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa Concreto Asfáltico con sub rasante mejorada.

Tabla 52
Variables de diseño a introducirse en el Programa WINPAS.

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	1,457,690.49
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Modulo Resiliente	Mr	13,411.6 lb/pulg ²
Serviciabilidad inicial del pavimento Serviciabilidad final del pavimento	Po	4.2
	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.41
	a2	0.137
	a3	0.121
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Al introducir los datos antes descritos en el Programa WINPAS (Anexo IV-M, ver pág. 298), se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 53 (pág.123).

Tabla 53

Resultados obtenidos Programa WINPAS

Alternativa Concreto Asfáltico

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	3
Base	6
Sub Base	6

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

SN requerido (Diseño) = 2.76

SN efectivo (Calculado) = 2.78

SN efectivo (Calculado) \geq SN Requerido: $2.78 \geq 2.76$ OK. 

La estructura de pavimento del tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, para la alternativa Concreto Asfáltico con sub rasante mejorada, quedará conformada del modo que se especifica en la Tabla 54.

Tabla 54

Estructura de pavimento, Alternativa Adoquinado

CAPA	MATERIAL QUE LO COMPONE	ESPESOR (PULGADAS)
CARPETA DE RODAMIENTO	CONCRETO ASFÁLTICO; ESTABILIDAD 1,800 LIBRAS	3
BASE	MATERIAL DE BANCO 1-A ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%	6
SUB BASE	MATERIAL DE LOS BANCOS 2 Y 5 EN SU ESTADO NATURAL	6

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

4.3.2.3 Resumen de Espesores de Capa por Alternativa

En la tabla 55 se presenta un resumen de los espesores de capa resultantes del diseño para cada alternativa de construcción. Es muy importante señalar que cada una de estas alternativas cumple satisfactoriamente con la parte técnica del diseño, sin embargo, en el capítulo de Evaluación Económica se determinará cuál de estas alternativas de construcción es la más rentable económicamente para su ejecución.

Tabla 55

Resumen Resultados de Espesores de Capas

Capa	Alternativa Sub Rasante Actual		Alternativa Sub Rasante Mejorada	
	(Espesores en pulgadas)		(Espesores en pulgadas)	
	Adoquinado	Concreto Asfáltico	Adoquinado	Concreto Asfáltico
Rodamiento	4	3	4	3
Base	6	6	7	6
Sub Base	12	17	0	6

Fuente: Resultados del Programa WINPAS.

CAPITULO 5: EVALUACION ECONOMICA

5.1 Generalidades

Las ciudades y comunidades en general, como parte de sus necesidades básicas, requieren de infraestructura de transporte para el desarrollo de sus actividades sociales y de crecimiento económico. La construcción de esta infraestructura conlleva realizar inversiones, por lo general muy cuantiosas. Debido a que la cantidad de dinero para inversiones es escasa, cada uno de los proyectos que se desee ejecutar debe ser cuidadosamente analizado en función de diferentes alternativas de acción. El decidir a qué proyecto se le da prioridad, que alternativa de estructura de pavimento resultaría más conveniente ejecutar, si se invierte en una nueva construcción o en mantenimiento, etc., son elecciones vitales a ser tomadas en cuenta antes de la implementación de un proyecto.

La Evaluación Económica de los proyectos ayuda a tomar estas decisiones al comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad, determinando la verdadera contribución de ellos al crecimiento económico y su distribución a lo largo del tiempo.

En un proyecto vial, en general, la Evaluación Técnica comprende el determinar si la vía, durante el periodo de tiempo de su vida útil presentará las condiciones adecuadas para la circulación de los flujos vehiculares. Por su parte la Evaluación Económica busca determinar si un proyecto vial generará beneficios para la economía del área involucrada y del país, identificando y valorando todos los beneficios potenciales y costos vinculados a este, de forma a establecer si esos beneficios compensan los costos (sacrificio de recursos) incurridos durante la implementación de la vía (construcción) y su vida útil (operación y mantenimiento).

La Evaluación Económica de los proyectos viales consiste en un análisis diferencial de beneficios y costos entre una “situación de referencia” que es la situación Sin Proyecto con otra “situación de referencia” que es la situación Con Proyecto.

La situación Sin Proyecto corresponde a la evolución natural del entorno si el proyecto no se realiza, mientras que la situación Con Proyecto se caracteriza por la agregación de los proyectos a la situación de referencia. También esta situación con proyecto puede cambiar en el tiempo, por las mismas razones que la situación de referencia.

La comparación entre ambas situaciones abarca los costos adicionales generados por el proyecto y los beneficios que se esperan del mismo. Los costos corresponden a las inversiones; los beneficios corresponden a las ventajas aprovechadas por el tráfico que circula por la vía.

5.2 Beneficios del Proyecto

Al realizarse la Evaluación Económica de un proyecto, el objetivo primario es cuantificar los beneficios económicos de varias alternativas que se desean implementar, identificar cuál de ellas reúne los mejores indicadores y por ende seleccionar la opción más rentable.

El mejoramiento de una carretera, trae consigo una amplia gama de beneficios, los cuales son calculados de diferentes maneras. En el presente estudio, se evaluaron económicamente dos alternativas de Inversión, y a continuación se describen los principales beneficios que se consideran resultarán del mejoramiento de la infraestructura vial.

a) Reducción en los Costos Generalizados de Viaje (CGV). El CGV constituye el costo total en que incurre un usuario de transporte en trasladarse desde un punto A hasta un punto B. En este costo se incluye los Costos de Operación Vehicular, el Costo de Tiempo de Viaje, y el pago de peaje². Los proyectos de carreteras pueden ser desde construir un puente sobre una ruta o reemplazarlo, adicionar uno o más carriles, cambiar la carpeta de rodadura, adicionar ciclo vías, y otros. Todos estos proyectos pueden tener todos los beneficios que se señalan a continuación:

- Ahorro de costos de operación vehicular
- Disminución de los costos de mantenimiento
- Ahorro de tiempo de viaje
- Disminución de los accidentes
- Disminución de la contaminación

A estos beneficios pueden agregarse otros más complejos como la dinamización de la producción, el aumento de las exportaciones, etc., pero que en realidad no son más que unos efectos-impactos derivados de la disminución de los Costos Generalizados de Viaje. Una prueba de ello es que al mejorar un camino o carretera que se encuentra en pésimo estado, los productores que viven en el área de influencia se podrían sentir motivados a producir más debido a que no tendrán pérdidas por no poder sacar a tiempo sus cosechas.

De los beneficios antes mencionados, los tres primeros son de más común evaluación, porque pueden cuantificarse y valorarse más sencillamente. El beneficio por la disminución de accidentes puede valorarse por el costo evitado de la pérdida de bienes en los accidentes. No se recomienda intentar valorar la vida de las personas, dado que la vida, cualquiera que sea, tiene un valor infinito, no cuantificable. La disminución de la contaminación puede valorarse calculando la menor cantidad de CO₂ emitido, y suponiendo un valor monetario

² *En Nicaragua no hay aún carreteras con peaje. El peaje es el cobro realizado al usuario (vehículo) de una carretera (o tramo de ella).*

para cada tonelada. Actualmente, existe un mercado de bonos de carbono en el que proyectos que reduzcan la contaminación pueden transarlos. Para los proyectos viales no es tan común como sí los es para plantas de generación de energía con fuentes renovables.

Por lo anterior, en el sentido estricto de la conveniencia económica, se hará uso de los primeros tres beneficios para determinar la rentabilidad del proyecto.

5.3 Indicadores de Rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad nos dan una idea de la conveniencia o rentabilidad de un proyecto. Se utilizan para apoyar la toma de decisión de ejecutar o no un proyecto de inversión, ya sea pública o privada.

Para efectos de la Rentabilidad de un proyecto, se consideran dos indicadores principales: El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

a) Valor Actual Neto (VAN): Conocido también bajo el nombre de Valor Presente, el VAN es el indicador más aceptado para determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Para obtener el VAN se utiliza la ecuación 16.

$$VAN = -I_0 + \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad \text{Ecuación 16}$$

Dónde:

I_0 : Es la Inversión Inicial en el momento 0.

t : El momento temporal, normalmente expresado en años, en el que se genera cada flujo de caja.

i: La tasa de descuento utilizada (la tasa de rendimiento que se podría ganar en una inversión en los mercados financieros con un riesgo similar).

Ct: El flujo neto de efectivo (la cantidad de dinero en efectivo, entradas menos salidas) en el tiempo t.

El criterio de decisión para valorar el VAN depende si se está evaluando uno o más proyectos. En el caso de que se esté evaluando un proyecto único, el proyecto es rentable si el VAN resulta positivo, es decir mayor que cero ($VAN > 0$). Si se están evaluando dos o más proyectos mutuamente excluyentes, el más rentable es el que tenga el VAN más alto, siempre y cuando este sea mayor que cero.

Un VAN igual a 0, o también llamado nulo, significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La única dificultad para hallar el VAN consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas.

Como ejemplo de tasas de descuento (o de corte), indicamos las siguientes:

a) Tasa de descuento ajustada al riesgo: Interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo.

b) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.

c) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.

d) Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.

e) Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

Dado que el VAN depende muy directamente de la tasa de descuento, el punto débil de este método es la tasa utilizada para descontar el dinero (siempre discutible). Sin embargo, para el caso de Nicaragua, para efectos de cualquier proyecto de Inversión Pública, la tasa de descuento es fijada por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) entidad adscrita al Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP). El SNIP ha actualizado en el año 2011 la tasa de descuento para proyectos en nuestro país, siendo a la fecha la tasa de un 8%.

b) Tasa Interna de Retorno (TIR): Otro indicador muy utilizado es la Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados son iguales a los costos actualizados. Este indicador da una idea del rendimiento del capital invertido.

La TIR mide la rentabilidad como un porcentaje, calculado sobre los saldos no recuperados en cada período. Muestra el porcentaje de rentabilidad promedio por período, definida como aquella tasa que hace el VAN igual a cero. La tasa interna de retorno TIR, complementa casi siempre la información proporcionada por el VAN.

La ecuación para calcular la TIR es la misma que la del VAN, únicamente hay que encontrar la tasa i que hace que el VAN sea 0. Se muestra en la ecuación 17.

$$0 = -I_0 + \frac{C_t}{(1+i^*)^t} \quad \text{Ecuación 17}$$

$i^*: TIR$

El criterio de decisión para seleccionar un proyecto según la TIR es comparar esta con la tasa de descuento utilizada, si la TIR es mayor que la tasa de descuento (TD) el proyecto es rentable, si la TIR es igual a la TD es indiferente, y si la TIR es menor que la TD el proyecto se rechaza por no ser rentable.

c) Indicador de Rentabilidad Primario

El Valor Actual Neto (VAN) es el indicador más fiable para determinar cuán bueno es un proyecto de inversión porque determina la cantidad de dinero, o beneficios, que la ejecución de un proyecto trae consigo, independientemente del monto de la inversión inicial requerida. La Tasa Interna de Retorno (TIR) tiene ese problema, no es capaz de discriminar correctamente qué proyecto es mejor cuando los montos de la inversión inicial son dispares. Así, por ejemplo, un proyecto que requiera 100 de inversión inicial y rente al término del proyecto 200, según la TIR está rindiendo un 100% de rentabilidad y según el VAN reditúa 100. Pero otro proyecto que precisa de una inversión inicial de 1000 y rinde 1.200, según el índice TIR reditúa un 20%, pero de acuerdo al VAN las ganancias alcanzan a 200. Entonces es mejor hacer el segundo proyecto porque con él se obtienen 200, cien más que con el proyecto que rentabiliza 100%, pero que solamente otorga 100 de ganancia, o sea, la mitad que ofrece el segundo cuya TIR es un quinto (20%) del primer proyecto.

5.4 Evaluación Económica

La Evaluación Económica del proyecto de mejoramiento de la Carretera Nueva Guinea – La Esperanza, de 11.1 km de longitud, fue realizada utilizando el software **Road Economic Decision Model (RED Model)**. A través de este software se procedió a determinar los indicadores de VAN y TIR de cada una de las alternativas propuestas con el fin de escoger la alternativa más rentable para su ejecución.

5.4.1 RED Model

El software RED realiza la evaluación económica de proyectos de mejoramiento y mantenimiento de carreteras, midiendo los beneficios de los usuarios de la misma y los consumidores de los costos reducidos del transporte. Es un modelo para la evaluación económica para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, con un volumen de tránsito entre 50 y 300 vehículos por día (vpd).

El software RED fue financiado por el Africa Road Management Initiative (RMI), que fue lanzado bajo el auspicio del Sub-Saharan Africa Transport Policy Program (SSATP), que es un marco de trabajo colaborativo preparado para mejorar las políticas de transporte y fortalecer la capacidad institucional en la región de África. El modelo fue desarrollado por Rodrigo Archondo-Callao, Especialista Técnico del Banco Mundial (BM). El supervisor del desarrollo del modelo fue Pedro Geraldès, Economista Principal de Transporte del BM, y el trabajo fue llevado a cabo en la Unidad de Transporte del Banco Mundial, Grupo de Infraestructura. La versión del RED a utilizar en esta Evaluación es la 3.2, que fue lanzada en el año 2004.

El RED está compuesto por una serie de libros de Excel 2000 que contienen una serie de hojas de entrada, donde se ingresan todos los datos de entrada, hojas de salida, donde son presentados los resultados y hojas auxiliares, donde son realizados los cálculos. El libro del módulo principal de evaluación evalúa un camino a la vez y puede comparar hasta tres alternativas de proyecto con un caso sin proyecto, aportando los indicadores económicos necesarios para seleccionar la opción más deseable y para cuantificar sus beneficios económicos. También existe un libro de un módulo de evaluación de programa que evalúa una red de caminos.

Los beneficios del proyecto principal son la reducción de los Costos Generalizados de Viaje (costos de operación vehicular y costos de tiempo de

viaje), que son calculados a partir de funciones que relacionan costos operativos de vehículo y velocidades con la rugosidad de la carretera a evaluar.

Es importante señalar que el Software RED es utilizado por la División General de Planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para evaluar proyectos de transporte que luego son presentados a los diferentes organismos internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial (BM), Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), Alternativa Bolivariana para los pueblos de nuestra América (ALBA), entre otros, para su posible financiamiento.

5.4.1.1 Hojas de Entrada del RED

El software RED presenta una serie de hojas de entrada, que el usuario debe completar para proceder a evaluar económicamente las alternativas que se desea. Las Hojas de Entrada son siete, en estas hojas el usuario ingresa los datos de entrada en todas las celdas con fondo amarillo. A continuación se listan las siete hojas y en el Anexo V-A (ver pág. 302) se muestran al detalle cada una de ellas.

1. Control y Seteo
2. VOC y Velocidades Unitarios
3. Tiempo y Accidentes
4. Tránsito
5. Indicadores Multi-Criterio
6. Alter. de Proyecto - Principales Características
7. Alter. de Proyecto - Otros Beneficios

5.4.1.2 Hojas de Salida del RED

El software RED presenta igualmente una serie de hojas de salida, en las cuales se presentan los resultados obtenidos de la Evaluación Económica. Los resultados son resumidos en la hoja Alter. Proyecto - Solución y presentados en detalle, por alternativa de proyecto, en las hojas restantes.

Las distintas Hojas de salida del Red se listan a continuación, y en el Anexo V-B (ver pág. 310) se muestran al detalle cada una de ellas.

1. Alter. de Proyecto - Solución
2. Gráfico - Valor Actual Neto
3. Gráfico - Costos Totales de la Sociedad
4. Alter. 1 - Viabilidad
5. Alter. 1 - Impactos sobre el Usuario
6. Alter. 1 - Distribución de los Beneficios
7. Alter. 1 - Sensibilidad
8. Alter. 1 - Valores Intercambiados
9. Ídem para las Alternativas 2 y 3

5.4.1.3 Información necesaria para la corrida del Software RED

Es necesario plasmar en el software un conjunto de información de la carretera que se desea evaluar, tanto en la situación actual, es decir Sin Proyecto, como en la situación futura, es decir Con Proyecto. Esto es con el fin de que el programa pueda disponer de información clave para comparar ambas alternativas y poder determinar así los beneficios de cada una.

Toda esta información debe de recopilarse en campo, o bien, de una fuente segura de información con el fin de no alterar los resultados finales de la evaluación.

La información que es necesaria para poder evaluar un proyecto vial en el software RED es la siguiente:

- 1.- El Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo.
- 2.- Tasa de Crecimiento Anual del Tráfico.
- 3.- Tipo de terreno donde se localiza el proyecto.
- 4.- Longitud del proyecto.
- 5.- Condiciones de la vía “Con” y “Sin” proyecto (Superficie de Rodamiento, Índice de Regularidad, etc.).
- 6.- Costos de Mantenimiento.
- 7.- Costos de Operación Vehicular.
- 8.- Costos de construcción para cada alternativa de Inversión y el período de construcción
- 9.- Factor de Costos Económicos

Toda esta información debe de ser ingresada en las diferentes Hojas de Entrada del programa, en las celdas con fondo amarillo.

Trafico Promedio Diario Anual (TPDA): Debe determinarse la demanda de usuarios que está utilizando la vía. Esto es de mucha importancia dado que los beneficios están relacionados con la cantidad de vehículos que transita por la carretera.

Tasa de Crecimiento Anual del tráfico (TC): Se debe determinar la TC del tráfico con el fin de poder predecir la el crecimiento en la cantidad de vehículos que experimentará la vía, con el fin de cuantificar los beneficios después de ejecutado el proyecto durante su vida útil.

Tipo de Terreno: Se debe especificar el tipo de terreno donde se emplaza el proyecto, este puede ser llano, ondulado o montañoso.

Longitud del Proyecto: Se debe especificar la longitud en kilómetros del proyecto.

Condiciones de la Vía: En esta parte se debe detallar que tipo de superficie posee en la condición actual la carretera, así como también se debe especificar que tipo de superficie se desea para cada una de las alternativas Con Proyecto.

Las alternativas para el tipo camino o carretera son de Tierra, Ripio o Revestido y Pavimento.

Índice de Regularidad Internacional (IRI): Se define como regularidad superficial de una carretera a la mayor o menor aproximación del perfil real al teórico que es aquél que no produce, dentro de un vehículo en marcha, aceleraciones verticales. La cuantificación de la regularidad se puede realizar con la medida de diferentes magnitudes (desnivelaciones verticales, modificaciones de la energía en el movimiento de un vehículo, determinación de las aceleraciones dentro del vehículo, etc.). La evaluación del grado de irregularidad de una carretera debe efectuarse tanto en sentido longitudinal como transversal.

La regularidad superficial comprende los defectos de la superficie de rodamiento debido a fallas de la capa asfáltica y no guardan relación con la estructura de la calzada.

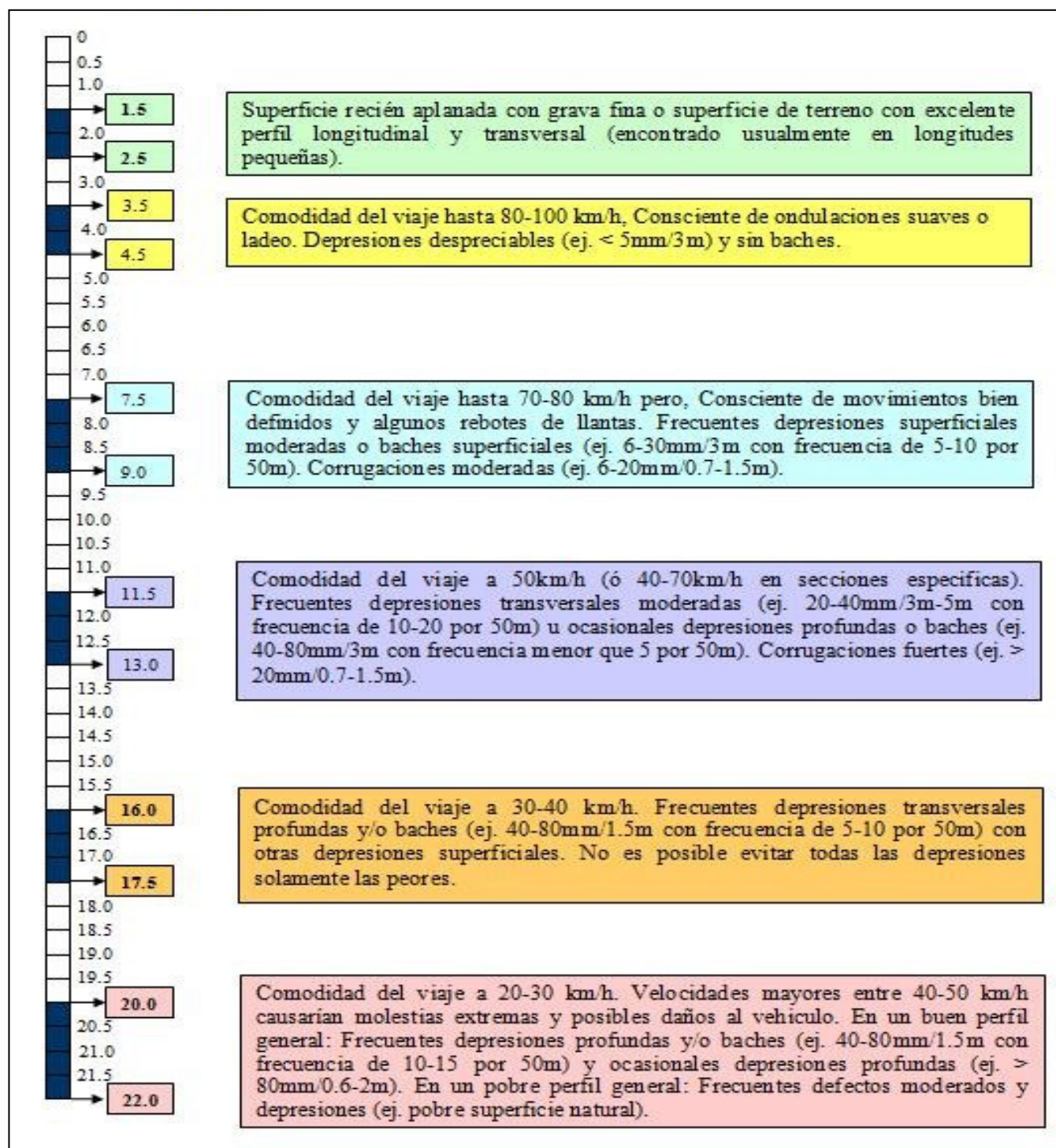
En Nicaragua el IRI de las carreteras es calculado por el Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) de la División General de Planificación del MTI. Se calcula en base en un método desarrollado por el Banco Mundial, que se describe en detalle en el documento técnico No. 46 de esa institución: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements (M.W.Sayers et al).

El método usa como parámetro de medición la velocidad promedio de recorrido de un vehículo conducido por un conductor experimentado. Fue desarrollado con el fin de uniformar criterios de la medición de la rugosidad de las carreteras, con base en un experimento realizado en Brasil en 1982 denominado Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en el que se utilizaron además las experiencias del Banco Mundial en años anteriores en otros lugares como Kenia, la India y el Caribe. El IRI esta expresado en metros / kilómetros, y tiene un valor máximo de 25, que son carreteras prácticamente intransitables para los vehículos automotores.

En la tabla 56 (ver pág. 138) se muestran diferentes IRI's que pueden presentarse en los caminos y carreteras, así como una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 56

Índices de Regularidad Internacional (m/Km) para diferentes carreteras



Fuente: SAP, MTI.

Costos de Mantenimiento: Estos constituyen los costos en que se incurrirán durante la vida útil del proyecto para mantener la carretera en estado de transitabilidad. Es un hecho que cada alternativa de mejoramiento ha sido diseñada para soportar una determinada carga, sin embargo antes de sobrepasar este umbral se deberán ejecutar obras de mantenimiento, no estructurales, que permitan mantener la carretera en óptimas condiciones.

Costos de Operación Vehicular (COV): Estos constituyen los costos en que incurren los vehículos automotores para su movilización desde un punto de origen A hasta un punto de destino B. Estos COV incluyen insumos básicos tales como combustible, lubricantes, llantas, etc., los cuales deben de ser recopilados e introducidos en el software RED para su calibración. Esta calibración la realiza anualmente el Sistema de Administración de Pavimentos del MTI.

Costos de Construcción de las Alternativas de Inversión y el periodo de construcción: Se debe conocer el costo en que se incurrirá para ejecutar cada una de las alternativas evaluadas. Este costo de construcción deberá ser expresado en dólares por kilómetro.

Asimismo se deberá especificar el tiempo en años que durará la construcción de cada una de las alternativas que se desea evaluar. Esto generalmente va relacionado con la longitud del proyecto y la capacidad de las empresas constructoras.

Factor de Costos Económicos (FCE): El FCE es un factor que se utiliza para corregir los precios financieros que se utilizan en los presupuestos de los proyectos, evitando las distorsiones de estos costos, como son los subsidios, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, transferencias entre sectores, etc.

En el caso de Nicaragua, para proyectos de infraestructura vial, el MTI esta utilizando un FCE de 0.85. Cuando se utiliza el software RED para evaluar

económicamente un proyecto debe introducirse este valor en la Hoja de Entrada *Control y Seteo*, con el fin de que internamente el software corrija estas distorsiones de costos.

5.4.2 Información recopilada carretera Nueva Guinea – La Esperanza

En el capítulo 2 de esta monografía, Estudio de Tráfico, se procedió a determinar dos variables que son necesarias para ingresarse en el software RED y así poder establecer la rentabilidad de cada una de las alternativas de inversión propuesta.

A continuación se detalla cada una de estas variables:

Tasa de Crecimiento del Tráfico (TC): 2.57% (Tabla 12, ver pág. 32).

Trafico Promedio Diario Anual (TPDA): 269 vpd (Tabla 13, ver pág. 34).

Otras variables que se deben introducir en el software fueron recopiladas en base a información proporcionada por el Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) del MTI. Estas variables fueron **Tipo de Superficie de la carretera, Longitud del tramo, IRI y Tipo de Terreno.**

En la Tabla 57 se muestra la información obtenida.

Tabla 57
Información Nueva Guinea – La Esperanza

Código Nic	Nombre del Tramo	Long. Km	Tipo de Superficie	IRI	Tipo de Terreno	Condición
NIC-71	Nueva Guinea - La Esperanza	11.1	Revestida	14.1	Ondulado	Mala

Fuente: SAP, MTI

Así como el SAP proporcionó la información del IRI de la carretera en la situación Sin Proyecto, también nos dio información del IRI promedio que resulta luego de ejecutarse un proyecto a base de una carpeta de Adoquín y Concreto Asfáltico en Caliente.

En la tabla 58 se muestra los valores de IRI para cada una de las alternativas de inversión planteada:

Tabla 58
IRI en la situación Con Proyecto

No.	Alternativa	IRI (m/km)
1	Concreto Asfáltico en Caliente	2.5
2	Adoquinado	4.5

Fuente: SAP, MTI

Los Costos de Operación Vehicular (COV) fueron suministrados por el SAP, ya calibrados en el software RED, específicamente en la Hoja de Entrada VOC y *Velocidades Unitarias*.

Factor de Costos Económicos: El factor de corrección de costo financiero a económico es de 0.85, de acuerdo a información del MTI.

Costos de Construcción de las Alternativas de Inversión y el periodo de construcción: De acuerdo a lo establecido en el capítulo 4, Diseño de la Estructura de Pavimento, se diseñaron 4 posibles alternativas, las cuales se presentan a continuación:

Alternativa Sub Rasante Actual
Adoquinado
Concreto Asfáltico en Caliente
Alternativa Sub Rasante Mejorada
Adoquinado
Concreto Asfáltico en Caliente

En sí, son dos tipos de estructura de pavimento, Adoquín y Concreto Asfáltico en Caliente, sin embargo hay dos opciones para la implementación de cada una de ellas, utilizando el material actual de la sub rasante y cambiando el material actual por material de banco.

Se procedió a determinar a groso modo el costo de cada una de las capas de la estructura de pavimento para cada una de las alternativas planteadas. El costo de estas capas fue determinado en base a los costos plasmados en la Cartilla de Costos y Presupuesto del año 2012 elaborado por la Oficina de Costos y Presupuestos de la División General de Planificación del MTI.

Para esto se especificó en metros los espesores de capa resultantes del diseño de pavimento (Tabla 53, ver pág. 123), así como la longitud y ancho del tramo. De esta forma se determinaron los volúmenes o áreas de materiales de Banco requeridos por capa.

En las Tablas 59 y 60 (ver pág. 143) se muestra el detalle de material por capa y el costo de cada una de ellas, por alternativa de inversión. Es importante señalar que los Costos expresados son en dólares estadounidenses, al momento de elaborar la Cartilla de Costos y Presupuestos en el mes de marzo de 2012 el cambio oficial de la moneda, según el Banco Central de Nicaragua (BCN), era de 23.21 córdobas por cada dólar.

Tabla 59
Costos de construcción por kilómetro; Sub Rasante Actual

ALTERNATIVA SUB RASANTE ACTUAL					
			Longitud del tramo (m)	Ancho del tramo (m)	
a) Concreto Asfáltico en Caliente			11,100.00	6.5	
Capa	Espesor de capa (m)	Volúmen Total (m³)	Costo promedio (US\$/m³)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)
Rodamiento	0.0762	5,497.83	226.47	1245,093.56	112,170.59
Base Estabilizada	0.1524	10,995.66	61.55	676,782.87	60,971.43
Sub Base Granular	0.4318	31,154.37	32.10	1000,055.28	90,095.07
			COSTO POR KILOMETRO		263,237.09
b) Adoquinado					
Capa	Area Total (m²)	Costo promedio (US\$/m²)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)	
Rodamiento	72150	16.14	1164,501.00	104,910.00	
Capa	Espesor de capa (m)	Volúmen Total (m³)	Costo promedio (US\$/m³)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)
Base Estabilizada	0.1524	10,995.66	61.55	676,782.87	60,971.43
Sub Base Granular	0.3048	21,991.32	32.1	705,921.37	63,596.52
			COSTO POR KILOMETRO		229,477.95

Tabla 60
Costos de construcción por kilómetro; Sub Rasante Mejorada

ALTERNATIVA SUB RASANTE MEJORADA					
			Longitud del tramo (m)		Ancho del tramo (m)
a) Concreto Asfáltico en Caliente			11,100.00		6.5
Capa	Espesor de capa (m)	Volúmen Total (m³)	Costo promedio (US\$/m³)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)
Rodamiento	0.0762	5,497.83	226.47	1245,093.56	112,170.59
Base Estabilizada	0.1524	10,995.66	61.55	676,782.87	60,971.43
Sub Base Granular	0.1524	10,995.66	32.10	352,960.69	31,798.26
Sub Excavación	0.25	17,255.88	7.41	127,866.03	12,041.25
Prestamo No Clasificado	0.25	17,255.88	11.52	198,787.68	18,720.00
			COSTO POR KILOMETRO		235,701.53
Longitud para Sub rasante					
10,619.00					
b) Adoquinado					
Capa	Area Total (m²)	Costo promedio (US\$/m²)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)	
Rodamiento	72150	16.14	1164,501.00	104,910.00	
Capa	Espesor de capa (m)	Volúmen Total (m³)	Costo promedio (US\$/m³)	Costo Total (US\$)	Costo por Km (US\$)
Base Estabilizada	0.1778	12828.27	61.55	789580.0185	71133.335
Sub Excavación	0.25	17255.875	7.41	127866.0338	12041.25
Prestamo No Clasificado	0.25	17255.875	11.52	198787.68	18720
			COSTO POR KILOMETRO		206,804.59

La longitud para la sub rasante mejorada es de 10, 619 metros dado que en el Capítulo de Suelos se especificó que existen 481 metros donde se encuentra material muy bueno para sub rasante a una profundidad de más de 25 centímetros por lo que no es necesario sub excavar en estos sub tramos.

En base a la longitud del tramo y a las alternativas planteadas se estima que la construcción dure aproximadamente 12 meses calendarios (1 año). Esto en base a lo que por experiencia del MTI es el rendimiento promedio de las empresas constructoras cuando ejecutan este tipo de proyectos.

Costos de Mantenimiento: Al igual que los costos de Construcción, los costos de Mantenimiento fueron suministrados por la Oficina de Costos Unitarios de la División General de Planificación del MTI, tomando en cuenta los costos en que el Ministerio de Transporte e Infraestructura ha incurrido en los últimos años en la red vial mantenible del país.

Los costos de Mantenimiento considerados para cada alternativa se presentan en la Tabla 61.

Tabla 61
Costos de Mantenimiento Alternativas de Construcción

No.	Alternativa	Costo de Mantenimiento (US\$ / km)
1	Sin Proyecto	13,000.00
2	Adoquinado	4,000.00
3	Mezcla Asfáltica en Caliente	5,500.00

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI

Las actividades principales a realizar en las tareas de mantenimiento se plasman a continuación.

En la situación Sin Proyecto, es decir en el estado actual de la carretera, las principales actividades para ejecutar mantenimiento son las siguientes:

Situación Sin Proyecto

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de derecho de vía	Km/año
Reposición de Balastro	mm
Nivelación	m
Reparación de zonas inestables	m
Limpieza de drenaje	ml

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI

Al ejecutarse el proyecto las principales actividades a realizar en la parte de mantenimiento por alternativa son las siguientes:

Alternativa: Concreto Asfáltico en Caliente

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de derecho de vía	Km/año
Sellado de grietas	m ²
Bacheo Bituminoso	m ²
Tratamiento Superficial	m ²
Limpieza de drenaje	ml

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI

Alternativa: Adoquinado

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de derecho de vía	Km/año
Remoción y Conformación de Adoquín	m ²
Reposición de Adoquín	m ²
Sello de Adoquín con arena	m ²
Limpieza de drenaje	ml

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI

5.4.3 Resultados de la Evaluación Económica

Luego de introducir todas las variables en el software RED para las cuatro opciones analizadas, los resultados de la Evaluación Económica se muestran en la Tabla 62.

Tabla 62
Resultados de la Evaluación Económica

Alternativa Sub Rasante Actual	VAN (millones US\$)	TIR (%)
Adoquinado	2.564	21
Concreto Asfáltico en Caliente	2.471	19
Alternativa Sub Rasante Mejorada	VAN (millones US\$)	TIR (%)
Adoquinado	2.778	23
Concreto Asfáltico en Caliente	2.731	21

Fuente: Software RED

En el Anexo V-C (ver pág. 319) se muestran los resultados del RED de la Evaluación con la Alternativa Sub Rasante Actual. En el Anexo V-D (ver pág. 321) se muestran los resultados del RED de la Evaluación de la Alternativa Sub Rasante Mejorada.

Como se puede observar todas las alternativas son rentables para su ejecución, es decir todas obtienen indicadores mayores que los mínimos requeridos, un VAN mayor que 0 y una TIR mayor que el 8%.

Sin embargo, la alternativa que resulta la más rentable de las cuatro que se evaluaron, es Adoquinado con la sub rasante mejorada, por lo que se recomienda ejecutar esta alternativa, ya que además de cumplir satisfactoriamente el análisis técnico, resulta ser la alternativa más rentable económicamente para su ejecución.

5.4.3.1 Análisis de Sensibilidad

Con la finalidad de prever algunas situaciones de riesgo relacionadas a cambios en algunas variables utilizadas en el proyecto, como por ejemplo en los costos de construcción y de mantenimiento de las alternativas propuestas, en el tráfico y en las tasas propuestas de crecimiento de éste, se realizaron simulaciones afectando estas variables, las cuales inciden directamente en la rentabilidad o no del proyecto, para ver hasta qué grado este es sensible a dichas variaciones.

La variación consiste en un incremento en los costos de construcción y de mantenimiento de un 20%, y una reducción del 20% en el tráfico normal y en las tasas de crecimiento propuestas para la alternativa de construcción evaluada para el proyecto. Los resultados se resumen en la tabla 63.

Tabla 63
Resultados Análisis de Sensibilidad del Proyecto

Alternativa	Pavimento	Resultado Indicadores Base		VARIABLES SENSIBILIZADAS							
				20% Incremento Costos de Construcción		20% Incremento Costos de Mantenimiento		20% Reducción Tráfico Normal		20% Reducción Tasas de Crecimiento del Tráfico Normal	
		VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
SR Actual	CAC	2.471	19	1.975	16	2.372	19	1.616	16	2.291	18
	ADOQUINADO	2.564	21	2.131	17	2.492	21	1.781	17	2.399	20
SR Mejorada	CAC	2.731	21	2.286	18	2.632	21	1.876	18	2.551	21
	ADOQUINADO	2.778	23	2.388	19	2.706	23	1.995	19	2.613	23

Fuente: Software RED

Como se puede apreciar, de acuerdo a los resultados obtenidos en las situaciones supuestas en el Análisis de Sensibilidad, la Alternativa de Mejoramiento de la carretera Nueva Guinea – La Esperanza a través de Adoquinado con sub rasante mejorada obtiene Indicadores Económicos

mayores que los mínimos considerados para evaluar económicamente este proyecto, es decir una TIR igual o mayor a 8%, y un VAN mayor que 0, además sigue siendo la alternativa con los indicadores más altos, siendo esta alternativa poco sensible con respecto a los cambios realizados. Por tal razón, sigue siendo la alternativa más rentable para ejecutar el proyecto y se recomienda su implementación.

CAPITULO 6: DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE MENOR (ALCANTARILLADO)

6.1 Conceptos fundamentales del diseño de drenaje.

6.1.1 Drenaje

El drenaje en carreteras tiene como objeto, en primer término, reducir al mínimo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega a una vía, y en segundo término, evacuar el agua que llega a la misma con la mayor rapidez posible para evitar que exista infiltración en las capas del pavimento. El agua proveniente de los arroyos y precipitaciones debe de ser evacuada o interceptada tan pronto sea posible, ya que esta, sobre la superficie de rodamiento interrumpe el tránsito y a la vez causa grandes daños a dicha superficie. El agua llega a la vía de diferentes maneras, tales como:

- ❖ Por precipitación directa
- ❖ Por crecida de los ríos y arroyos
- ❖ Por la filtración a través de los suelos

El prever un buen sistema de drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de una carretera. Un sistema de drenaje adecuado debe disponer de las condiciones necesarias para poder desviar o evacuar las aguas que provienen de diferentes fuentes y evitar así, que estas lleguen a la superficie de la carretera, ocasionando destrucción del pavimento y originando la formación de baches. Se debe evitar además: i) que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías, originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales, ii) que los cortes se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos y iii) que el agua subterránea reblandezca la sub rasante con su consiguiente peligro.

El drenaje constituye un factor determinante en la duración de la vía, por lo tanto al momento de realizar el diseño de una carretera hay que prestar la debida atención para evitar daños posteriores a la vía y de esta manera asegurar su vida útil.

6.1.2 Estudio hidrológico

El estudio hidrológico tiene como finalidad determinar el caudal de diseño de la estructura, en correspondencia con el caudal que puede ser igualado o excedido a una probabilidad de ocurrencia, la cual se analiza para un periodo de retorno estimado.

6.1.2.1 Conceptos generales del estudio hidrológico:

a) Aguas pluviales:

Son las que provienen de las precipitaciones y que se dan en las diferentes zonas o cuencas y que arrastran algunos sedimentos sólidos, los cuales pueden ser desviados con un diseño de canales y redes colectoras independientes.

b) Cuencas:

Es la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y materiales disueltos drenan hacia un punto en común. Estas pueden variar desde un gran tamaño, hasta el más pequeño arroyo, a este último se le conoce como micro cuenca.

c) Precipitación:

Agregado de partículas acuosas o líquidas, cristalizadas o amorfas que caen de una nube o grupos de nubes y alcanzan el suelo.

d) Escorrentía:

Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno (escorrentía superficial) o por debajo del (escorrentía subterránea).

e) Caudal:

Es el volumen de líquido que pasa por un punto determinado en un determinado tiempo, sus unidades son m^3/s . Es utilizado para determinar cuánto líquido puede transportar cualquier estructura hidráulica, como por ejemplo: canales, puentes, vados, alcantarillas, etc.

f) Periodo de retorno:

El período de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediante se repita un cierto caudal, o un caudal mayor.

El período de retorno para el cual se debe dimensionar una obra varía en función de la importancia de la misma (interés económico, socio-económico, estratégico, turístico), de la existencia de otras vías alternativas capaces de remplazarla y de los daños que implicaría su ruptura: pérdida de vidas humanas, costo y duración de la reconstrucción, costo del no funcionamiento de la obra, etc.

El Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua año 2008) recomienda los rangos de frecuencia, recurrencia o período de retorno que se muestran en la en la tabla 64 (ver pág. 152), para proyectos de drenaje de carreteras de acuerdo a la Clasificación Funcional establecida.

Tabla No. 64

Frecuencias de Diseño Recomendadas (años)					
Clasificación Funcional de Carreteras	Diseño				
	2	5	10	25	50
Troncal Principal:					
➤ Alcantarillas de paso				X	X
➤ Alcantarillas de alivio			X		
➤ Puentes grandes					X
➤ Puente - Vado					
Troncal Secundaria:					
➤ Alcantarillas de paso				X	
➤ Alcantarillas de alivio			X		
➤ puentes pequeños				X	X
➤ Puente - Vado					
Colectora Principal:					
➤ Alcantarillas de paso				X	
➤ Alcantarillas de alivio			X		
➤ puentes pequeños				X	X
➤ Puente - Vado					
Colectora Secundaria:					
➤ Alcantarillas de paso				X	
➤ Alcantarillas de alivio			X		
➤ puentes pequeños			X	X	
➤ Puente - Vado					
Caminos Vecinales:					
➤ Alcantarillas de paso			X	X	
➤ Alcantarillas de alivio			X		
➤ puentes pequeños				X	X
➤ Puente - Vado	X	X			

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor del MTI

6.1.2.2 Método de cálculo para realizar el estudio hidrológico

6.1.2.2.1 Método Racional:

El método racional se empezó a utilizar alrededor de la mitad del siglo XIX, es probablemente el más utilizado hoy en día para el diseño de sistemas de drenaje pluvial. Este método nos permite calcular la crecida máxima en algún punto de una cuenca tomando en consideración los registros de precipitaciones de un periodo más o menos largo que nos permite relacionar la lluvia con el escurrimiento.

Este método toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y se utiliza en cuencas pequeñas que no excedan de los 5 km² (500 hectáreas)³, si la cuenca excede esta cantidad deberá recurrirse a otros métodos, por ejemplo, el tránsito de avenidas, que se auxilia del Método Racional y del hidrograma triangular sintético.

El Método Racional asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita una gota de agua para llegar de la parte más lejana de la cuenca hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad \text{Ecuación 18}$$

Dónde:

Q = Caudal máximo [m³/s]

I = Intensidad de la lluvia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (Curvas de I-D-F) [mm/h]

C = Coeficiente de escorrentía adimensional

A = Área total de la cuenca [Ha]

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (T_c) de la cuenca. La intensidad de la lluvia de diseño se define

³ Dato tomado del documento "Diagnóstico de la Infraestructura Terciaria de Transporte en los Municipios Jinotega, Matagalpa, Boaco y Chontales" Anexos de Diagnóstico de la Infraestructura Vial de la Red de Caminos Vecinales del Municipio de "Villa Sandino" Departamento de Chontales, DANIDA año 2010

en base a las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) elaboradas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

El tiempo de concentración se calcula mediante varios tipos de ecuaciones, en el presente estudio se determinará el tiempo de concentración usando la ecuación de California Couverts Practice⁴:

$$T_c = \left(\frac{11.9 \times L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{Ecuación 19}$$

En donde:

T_c = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud de cauce principal en millas

H = diferencia de elevación en pies

El coeficiente de escorrentía (C) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de elementos como el tipo y cubierta de suelo, pendiente del terreno y otros factores de menor incidencia. Son estimados por medio de mapas cartográficos y complementados por inspección directa en el campo.

Si bien existen diferentes metodologías para estimar el valor del coeficiente de escorrentía (C), a continuación se presentan algunos de los valores de C según la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST -DANIDA) Septiembre 2004..

⁴ Ecuación tomada del documento “Guía Hidráulica para El Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales” Past - Danida, Septiembre 2004, Nicaragua

Tabla 65
Coeficiente de Escorrentía

Tipo de superficie	Periodo de retorno en años		
	2	15	25
Tierra cultivada			
Plana 0-2%	0.31	0.38	0.40
Promedio, 2-7%	0.35	0.43	0.44
Pronunciada mayor 7%	0.39	0.46	0.48
Pasto/matorral			
Plana 0-2%	0.25	0.32	0.34
Promedio, 2-7%	0.33	0.40	0.42
Pronunciada mayor 7%	0.37	0.44	0.46
Bosque			
Plana 0-2%	0.22	0.30	0.31
Promedio, 2-7%	0.31	0.38	0.40
Pronunciada, mayor 7%	0.35	0.43	0.45
Pantano	0.90	0.90	0.90

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST -DANIDA) Septiembre 2004

Las pendientes del terreno deben estimarse a partir de las curvas de nivel de los mapas escala 1: 50,000 y el reconocimiento de campo.

Estimado del área de captación de la Alcantarilla o cuenca en estudio.

Es la superficie del área de captación que contribuye con escurrimiento hacia el drenaje en estudio. Sus límites abarcan desde uno de los parte aguas de drenaje hacia el opuesto y hacia abajo hasta llegar al sitio en estudio.

El trazado del área de drenaje de una estructura debe partir del sitio de localización de la misma. Lo primero es trazar la red de drenaje, se identifican todos los cursos de agua que pertenecen al cauce en estudio, los mismos se trazan a partir del sitio en estudio, siguiendo la parte cóncava de las curvas de nivel hacia arriba. Dicha red define los límites de la cuenca.

El parte aguas se traza iniciando en el punto de la estructura propuesta, a ambos lados de la misma, de forma opuesta al trazado de la red hídrica, o sea hacia arriba por el medio de las formas convexas de las curvas de nivel y hacia abajo por el medio de las formas cóncavas de las mismas

En el presente estudio las cuencas fueron trazadas y medidas en mapas escala 1:50,000. Una vez definida la cuenca estimamos el área, lo cual se puede realizar de varias maneras:

- 1- Métodos gráficos por inscripción de figuras geométricas cuya área es fácil de determinar, o por superposición de cuadrícula con cuadros cuya área es conocida.
- 2- Con ayuda de un planímetro.
- 3- Por medio de computadoras con ayuda de programas como AutoCAD, etc.

6.1.3 Estudio hidráulico

El estudio hidráulico tiene como objetivo definir las dimensiones de las obras hidráulicas como: vados, canales, alcantarillas, puentes, etc. De manera que tengan la capacidad hidráulica suficiente para evacuar la crecida, para el periodo para la cual fueron diseñadas. Si el caudal llegará a sobrepasar la capacidad de las obras hidráulicas, estas logren resistir el cruce de agua sobre ellas y funcionen correctamente, sin que estas sufrieran daño alguno en su estructura.

6.1.3.1 Conceptos generales del estudio hidráulico

Entre los componentes fundamentales del estudio hidráulico tenemos:

a) Caudal (Q): Es el volumen de líquido que pasa por un punto determinado en un determinado tiempo, sus unidades son m^3/s , se utiliza para saber qué cantidad de líquido puede transportar cualquier estructura hidráulica, como: vados, puentes, canales, alcantarillas etc.

b) Velocidad (V): Es la rapidez con que el agua puede transportarse de un punto a otro en un determinado tiempo, sus unidades son m/s.

c) Área hidráulica (Ah): Es la sección en la que el líquido será transportado, ya sea por canales, puentes, vados, alcantarillas etc.

d) Perímetro Mojado (Pm): Es el límite del área de la sección, excluyendo la superficie libre esta, es la línea a lo largo la cual está en contacto con el material del canal, este se mide en metros.

e) Radio hidráulico (Rh): Este se define como la razón entre el área de la sección y el perímetro mojado.

$$Rh = A/Pm \quad \text{Ecuación 20}$$

f) Ecuación de Manning: La ecuación de Manning es una de las ecuaciones más utilizadas en el análisis hidráulico y diseño de estructura de drenaje, esta determina la velocidad del flujo en función de la forma del canal, rugosidad y pendiente.

$$V = 1/n * Rh^{2/3} * So^{1/2} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

V= Velocidad promedio de descarga, sus unidades son: metro/segundo

n = Coeficiente de rugosidad

Rh= Radio hidráulico

So= Pendiente del canal, la cual se calcula por medio de la ecuación siguiente:

$$So = \frac{H_{max} - H_{min}}{Lc} \quad \text{Ecuación 22}$$

g) Coeficiente de rugosidad de Manning (“n”):

Aplicando la fórmula Manning, la más grande dificultad reside en la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning, “n” pues no hay un método exacto de seleccionar este valor.

La gran mayoría de los ingenieros tienen la concepción de que en un canal el coeficiente n de Manning es un valor constante, lo cual no es cierto, ya que este valor depende de una serie de factores, los cuales pueden estar interrelacionados hasta cierto punto. Se ha encontrado que los factores que más intervienen en la determinación de este coeficiente son:

- Rugosidad superficial
- Vegetación
- Irregularidad del canal
- Alineamiento del canal
- Sedimentación y socavación
- Obstrucción
- Nivel del agua y descarga

A continuación se explicara un poco acerca de cómo afecta cada uno de los factores en la determinación del coeficiente de Manning:

➤ Rugosidad superficial: La rugosidad superficial o superficie rugosa de un canal se presenta debido al tamaño y la forma del material que conforma el perímetro mojado del canal, el cual causa un efecto retardante en el flujo. De acuerdo a unos estudios realizados se ha llegado a la conclusión de que cuando el material del perímetro es fino, el valor de n es bajo, y cuando el material es grueso, se obtiene un valor alto de “n”.

➤ Vegetación: El efecto retardante causado por la vegetación puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación, y

esto es muy importante sobre todo en el diseño de pequeños canales de drenaje.

- Irregularidad del canal: Esto se refiere a las variaciones en las secciones transversales de los canales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal. En canales naturales las irregularidades son por lo general el resultado de depósitos o sedimentos. Cuando la variación es gradual el coeficiente “n” de Manning no se ve afectado significativamente, pero cuando se presentan cambios abruptos se puede generar un valor de n mucho mayor.
- Alineamiento del canal: Cuando se presentan curvas en el eje longitudinal del canal se presentan variaciones del coeficiente dependiendo del grado de curvatura que posean.
- Sedimentación y socavación: La sedimentación puede llegar a convertir un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme, llevando a una disminución en el coeficiente de Manning. Entre tanto la socavación puede hacer lo contrario llevando a un aumento del “n”.
- Obstrucción: La presencia de obstáculos tales como troncos de árbol, desechos de flujo, atascamientos, pilas de puentes y estructuras similares, tienden a incrementar el valor de “n”.
- Nivel del agua y descarga: El valor de “n” tiende a disminuir en muchos canales al aumentar el nivel del agua y la descarga.

En el caso específico de las alcantarillas, se considera, que en este tipo de canal, el coeficiente n de Manning es un valor constante dado que la longitud de las mismas es relativamente corta en relación a otros tipos de canales, debido a esto, se considera que los valores de los factores listados anteriormente varían mínimamente y pueden considerarse como variaciones despreciables.

A nivel de alcantarillas, el Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA), a través de su manual “Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales”, presenta valores del coeficiente de rugosidad “n” de Manning, para las tuberías de uso más corriente. En la tabla 66, se presentan en detalle estos valores.

Tabla 66
Valores de “n” para diferentes tipos de materiales

Material	Coeficiente “n”
Concreto	0.013
Hierro galvanizado (H°G°)	0.014
Polivinilo (PVC)	0.009
Hierro Fundido (H°F°)	0.012
Polietileno (PE)	0.009
Fibra de vidrio	0.01
Asbesto-Cemento (AC)	0.01

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de
tratamiento de aguas residuales, INAA

6.1.4 Alcantarillas

Las alcantarilla son consideradas estructuras de drenaje menor, estas presentan formas diversas, su función principal radica en conducir y desalojar lo más rápido posible el agua proveniente de los ríos, arroyos y partes adyacentes de la vía.

6.1.4.1 Clasificación de las alcantarillas

Existen una gran variedad de alcantarillas entre las cuales tenemos:

- Alcantarillas metálicas (de tubos abovedados).
- Alcantarillas de tubos de concreto simple de diámetro (ϕ) = 0.6m y concreto reforzado para diámetros mayores.
- Alcantarillas de muros y losas, denominada también tajeas, con claro comprendido entre 1 y 5 m.
- Alcantarillas de cajón o box-culvert.

- Alcantarillas de sección abovedada en concreto.

6.1.4.2 Características e importancia de las alcantarillas.

La importancia de las alcantarillas radica en que estas liberan a la vía de ser obstruida y destruida por las aguas provenientes de las crecidas de los ríos, arroyos y partes adyacentes a esta.

Las alcantarillas por sus características presentan diseños típicos, los cuales pueden ser usados repetidamente en contraste con los puentes los que al atravesar grandes corrientes, motivan diseños especiales para cada caso.

En cualquier vía las alcantarillas se presentan con bastantes regularidades, pues como promedio del 10% al 15% del costo de una carretera se emplea en estas obras menores, cuya importancia radica, en que posibilitan la construcción y la durabilidad de la vía.

6.1.4.3 Localización de las alcantarillas.

Las alcantarillas, generalmente van localizadas en el lecho original de una corriente pluvial con su altura y línea de flujo adaptadas al cauce natural. De esta forma las perturbaciones y la erosión que pueden originarse por la corriente son reducidas a un mínimo.

Se entiende por alineación de una alcantarilla, el alineamiento y la pendiente del conducto con respecto a la carretera y al cauce de la corriente de agua. La ubicación de una alcantarilla es de suma importancia, debido a que afecta la eficiencia del conducto y la conservación de la carretera.

Es importante señalar algunos principios a seguir en la construcción de las alcantarillas entre los cuales tenemos los siguientes.

El primer principio:

Consiste en que la corriente de agua entre y salga de la alcantarilla en línea recta, cualquier cambio brusco de dirección retarda la corriente de agua y hay que emplear conductos de mayor sección (diámetro).

La entrada y salida en línea recta de una alcantarilla se puede lograr de tres formas distintas.

- Cambiando la dirección del cauce
- Alineando oblicuamente el cauce con respecto a la vía
- Cambiando ambos sistemas.

Al cambiar la dirección del cauce, habrá una menor longitud en la alcantarilla o una disminución de la sección. El alineamiento oblicuo dará mayor longitud a la alcantarilla pero ofrecerá una mayor eficiencia hidráulica.

Para fabricar correctamente una alcantarilla oblicua es necesario especificar la dirección de la corriente de agua y el ángulo de oblicuidad (esviaje).

El segundo principio:

Consiste en evitar que la corriente de agua altere su curso cerca de los extremos del conducto, pues así se convierten en inadecuados y producen remansos y deslave en el terraplén.

El tercer principio:

Trata sobre la pendiente ideal de una alcantarilla, la cual al provocar una velocidad determinada no ocasiona sedimentos, ni produce erosión y necesita la menor longitud de tubería.

A fin de evitar la sedimentación de los acarreos dentro de las alcantarillas, la pendiente debe generar velocidades no menores de 1m/s y a fin de evitar la erosión, las velocidades máximas que debe generar la pendiente, son las

siguientes:

- a) Cuando la corriente no arrastra materiales abrasivos, como arena y piedra gruesa, etc.:
 - Alcantarillas de concreto: 7 m/s
 - Hierro corrugado: 6 m/s
- b) Cuando la corriente arrastra materiales abrasivos:
 - Alcantarillas de concreto: 6 m/s
 - Alcantarillas de hierro corrugado: 3.5 m/s

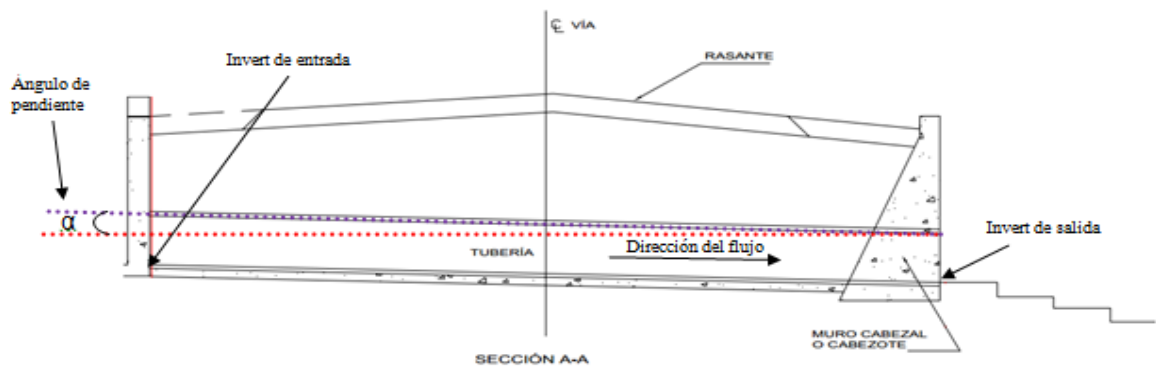
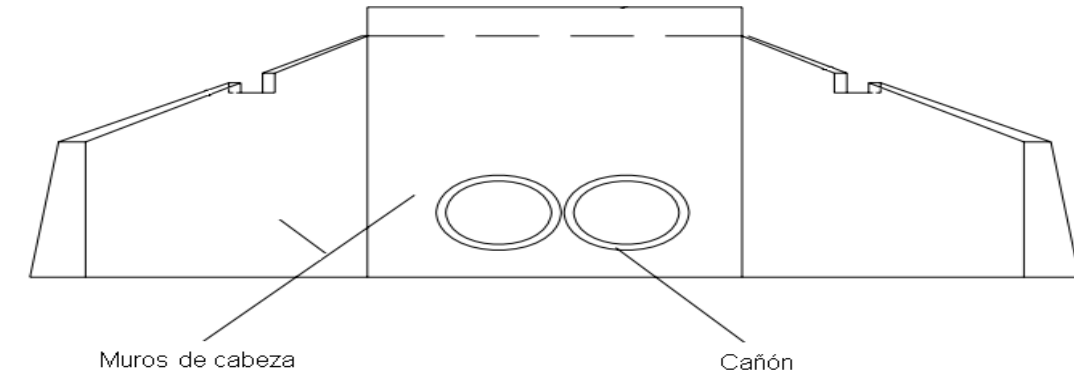
Cuando, debido a la pendiente, se generan velocidades mayores a las máximas permisibles, se deberán construir obras de protección tales como disipadores de energía, revestimiento del canal de salida, colocación de codos en vertederos, etc., esto, para evitar también deslaves en el canal aguas abajo y el pie del talud de la carretera.

6.1.4.4 Partes de una alcantarilla

Una alcantarilla consta de dos partes:

- 1) El cañón
- 2) Muros de cabeza

- El cañón: Forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura.
- Los muros de cabeza: Sirven para impedir la erosión alrededor del tubo estos también sirven para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal.



Las alcantarillas, por lo general se presentan con esviaje. Si el esviajamiento es mayor de 5 grados, se debe construir con ese ángulo específico, por lo que es muy difícil cambiar el curso del canal.

Hay varios procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla, en este estudio se utilizará el método Racional.

6.1.4.5 Funciones de las alcantarillas

Independientemente del tipo de alcantarilla, estas deben ajustarse a normas de diseño tomando en cuenta: la corriente, la alineación con el cauce, la capacidad, el control de los detritos y disipación de energía, Todas las alcantarillas deben desempeñar las funciones siguientes:

- 1) Con su entrada auxiliar y sus estructuras de salida, las alcantarillas deben descargar de manera eficaz el agua, el arrastre de fondo y los detritos en todos los niveles del flujo.
- 2) No debe causar daños directos o indirectos a los bienes.
- 3) Debe permitir el paso adecuado del agua, los detritos y el sedimento sin provocar cambios drásticos en la modalidad del flujo por encima o debajo de la estructura.
- 4) Debe diseñarse de manera que en el futuro se pueda mejorar el cauce y el camino sin mucha dificultad.
- 5) Se deben diseñar para que funcionen adecuadamente después de que se haya asentado el relleno.
- 6) No debe crear depósitos de agua estancada que sirvan de criaderos de mosquitos.
- 7) Deben diseñarse para que asimilen el aumento de escorrentía que pueda derivarse de la utilización de las tierras circundantes.
- 8) Su construcción debe ser económica, adecuada desde el punto de vista hidráulico para asimilar el caudal previsto, su estructura debe ser duradera y de fácil mantenimiento.
- 9) Deben diseñarse para que impidan acumulación excesiva en la entrada, lo que puede provocar daños a la propiedad, la acumulación de sedimentos, la obstrucción de la alcantarilla, la saturación de los rellenos o la acumulación nociva de detritos aguas arriba.

- 10) El diseño del orificio de salida debe ser capaz de restablecer un flujo no erosivo dentro de los límites del derecho de vía o a una distancia prudencial corta de la alcantarilla, y debe poder resistir el socavado y el arrastre debido al agua.
- 11) Cuando el agua que corre por la alcantarilla contiene gran cantidad de energía y mucho poder destructivo debido a las altas presiones y velocidades, estas pueden causar erosión en las estructuras de conducción, poniendo en peligro la estabilidad de la estructura hidráulica. Por lo tanto, se deben colocar disipadores de energía.

Estos disipadores de energía deben ser de construcción sencilla, fácil, económica y deben ser capaces hasta cierto punto de limpiarse por sí mismo durante los periodos de poco caudal.

- 12) La alineación debe ser tal que el agua penetre y salga de la alcantarilla directamente. Todo cambio súbito en la dirección en cualquiera de los dos extremos retardara el flujo y causará estancamiento, erosión o aumento de los detritos en la entrada de la alcantarilla. Todas estas condiciones podrían originar fallos.

6.1.4.6 Diseño hidráulico de las alcantarillas.

El propósito del diseño hidráulico es proveer una facilidad o sistema de drenaje que de manera adecuada y económica acomode el flujo estimado a través de la vida de diseño sin riesgos irrazonables a la estructura de la carretera y propiedades vecinas.

Se asume que el flujo de agua que se acerca a una alcantarilla en un tiempo determinado es uniforme y continuo durante el pico de la esorrentía, y que igual cantidad de agua estará dejando la alcantarilla.

Hidráulicamente, las alcantarillas se definen como conductos cerrados, ya que pueden operar con una línea de carga de la corriente de agua por encima de su corona y por consiguiente trabajar a presión. Si no opera a caudal lleno es considerada como un canal a superficie libre.

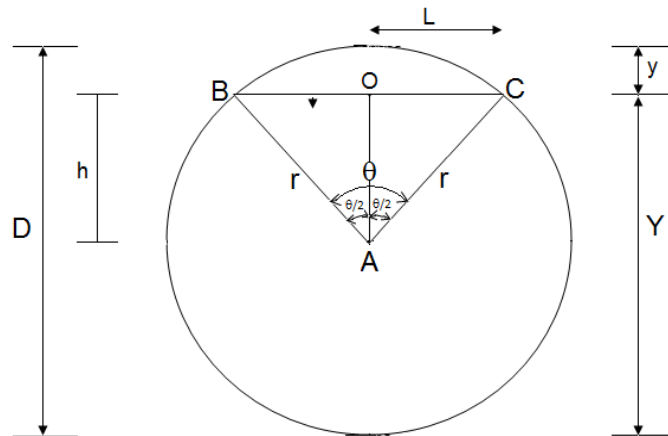
El diseño hidráulico de las alcantarillas incluye básicamente lo siguiente:

- 1) Establecer las elevaciones de los invert de la alcantarilla en la entrada y la salida y determinar la pendiente y longitud de la alcantarilla.
- 2) Determinar el coeficiente de rugosidad ("n") del material que estará constituida la tubería de la alcantarilla.
- 3) Determinación de los siguientes elementos hidráulicos de la alcantarilla: Área hidráulica (Ah), Perímetro mojado (Pm) y Radio hidráulico (Rh).
- 4) Seleccionar el tipo y dimensión de la alcantarilla que acomodará el caudal de diseño bajo las condiciones establecidas.

6.1.4.7 Fórmulas básicas para realizar el diseño hidráulico de una alcantarilla de sección circular semi llena.

La siguiente figura geométrica, servirá de base para poder describir el procedimiento que permitirá determinar el área hidráulica y perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular.

Sección de una alcantarilla circular



Dónde:

θ = Es el ángulo medido en grados.

r = Es el radio de la circunferencia medido en metros.

Y = Es el tirante hidráulico medido en metros, cabe señalar que la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de la ciudad de Bogotá (Colombia) especifica que en los sistemas de alcantarillados pluviales, las alcantarillas pueden ser dimensionadas para funcionar con un tirante de 0.80 de su diámetro, en el presente estudio se asumirá que el tirante funcionará al 80% del diámetro de tubería.

D = Diámetro de la circunferencia medido en metros.

y = Resta algebraica entre D y Y , medido en metros.

h = Resta algebraica entre r y y , medido en metros.

L = Base del triángulo rectángulo AOC.

1) Área hidráulica:

Para encontrar el área hidráulica de una alcantarilla (área óptima) con sección circular transversal primeramente se procede a realizar lo siguiente: Encontrar el área total de la circunferencia (AT_c), posteriormente se calcula el área del sector circular ABC (AS_{ABC}) y finalmente se determina el área total del triángulo ABC (At_{ABC}). Una vez obtenidos estos valores de áreas, procedemos a aplicar la siguiente ecuación para determinar el área hidráulica de la alcantarilla.

$$A_h = A_{T_c} - A_{S_{ABC}} + A_{T_{ABC}} \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

$$A_{T_c} = \pi r^2 \quad \text{Ecuación 24}$$

$$A_{S_{ABC}} = \frac{\pi r^2 \theta}{360} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$A_{T_{ABC}} = 2 \left(\frac{1}{2} h * L \right) \quad \text{Ecuación 26}$$

2) Perímetro mojado:

Para determinar el perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular, primeramente se procede a determinar el perímetro total de la circunferencia (PT), posteriormente se determina el perímetro del sector circular ABC (Ps_{ABC}).

Por tanto la ecuación que se aplicará para determinar el perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular será la siguiente:

$$P_m = P_{T_c} - P_{S_{ABC}} \quad \text{Ecuación 27}$$

Dónde:

$$P_{T_c} = 2\pi r \quad \text{Ecuación 28}$$

$$P_{S_{ABC}} = \frac{2\pi r \theta}{360} \quad \text{Ecuación 29}$$

3) Radio hidráulico:

El radio hidráulico de una alcantarilla de sección circular lo determinaremos mediante la siguiente ecuación:

$$R_h = A_h / P_m$$

Indicado en Página 158, Ecuación 20

6.1.4.7.1 Parámetros para el diseño de alcantarillas

Los siguientes parámetros deberán de cumplirse en el diseño de las alcantarillas de sección circular.

➤ Parámetro 1:

La velocidad mínima requerida en los alcantarillados pluviales deberá ser de 1.0 m/s, para que se logre arrastrar todos los sólidos presentes en la tubería y evitar de esta manera, que existan sedimentaciones de estos, en la tubería.

Por lo tanto basándonos en este principio, se deberá cumplir que:

$V_c > 1$ m/s: La velocidad calculada deberá ser mayor o igual a la velocidad de 1m/s.

Dónde:

Velocidad calculada (V_c):

La velocidad que circulará el agua por la alcantarilla se calculará empleando la ecuación:

$$V_c = 1/n * R_h^{2/3} * S_o^{1/2}$$

Indicado en Página 157, Ecuación 21

➤ Parámetro 2:

$Q_c > Q_d$: El caudal calculado que circulará por la alcantarilla deberá ser mayor al caudal de diseño.

Dónde:

$$Q_c = 1/n \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2} \quad \text{Ecuación 30}$$

Q_d = Obtenido del estudio hidrológico

➤ **Parámetro 3:**

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), especifica en sus requerimientos de construcción que por razones de mantenimiento, el diámetro mínimo para alcantarillas será de 30 pulgadas o su equivalente en el sistema métrico. Cabe señalar, que este criterio fue tomado de la Guía Hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, elaborado por el Ingeniero Elmer Bervis para PAST-DANIDA en Septiembre del 2004.

Por lo tanto, basándonos en esta normativa se deberá cumplir que:

$D_{\text{alcantarilla}} \geq 30 \text{ pulgadas (0.76 m)}$

6.2 Drenaje de la carretera Nueva Guinea (Estación 0+000) – La Esperanza (Estación 11+100)

Básicamente, el drenaje de la carretera Nueva Guinea (Estación 0+000) – La Esperanza (Estación 11+100), a lo largo de sus 11.10 km, está compuesto únicamente por estructuras hidráulicas menores (alcantarillas). Gran parte de las estructuras existentes están fuera de servicio por falta de mantenimiento. La zona que atraviesa esta vía está en la actualidad dedicada principalmente a la agricultura. El suelo es predominantemente arcilloso.

La revisión del drenaje en el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza (11.10 km), tiene como propósito fundamental, determinar si las alcantarillas existentes tienen la capacidad hidráulica requerida para evacuar el caudal de diseño en cada cuenca o área en estudio. En caso que alguna de ellas, no tuviese la capacidad hidráulica requerida, se deberá realizar el diseño de la nueva estructura.

Para efecto de análisis y revisión, se ha considerado un periodo de retorno de 25 años (ver tabla 64, página 152). Dicho período, fue seleccionado debido a la importancia de esta vía en el contexto de la economía local y a nivel nacional. Por esta vía circula gran parte de la producción agropecuaria de la zona.

La metodología empleada en la revisión y diseño del drenaje menor (alcantarillado) de la carretera Nueva Guinea – La Esperanza (11.10 km), básicamente está referida a los estudios: hidrológico e hidráulico.

6.2.1 Estudio hidrológico al tramo de carretera en estudio.

El presente estudio hidrológico tiene como objetivo, determinar el caudal de diseño, mediante la creación de una lluvia o tormenta con igual probabilidad de ocurrencia del gasto de diseño, haciendo uso del método Racional y así determinar el tipo de estructura de drenaje necesaria.

El método racional está representado por la ecuación 18 indicada en página 153:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

6.2.1.1 Determinación de las variables para calcular el caudal de diseño (Qd) para cada cuenca.

a) Coeficiente de Escorrentía:

Los valores de C para el tramo en estudio, fueron tomados del documento “Informe Final Hidrotécnico de Drenaje Menor y de Cajas” para el Proyecto Nueva Guinea – Naciones Unidas (24.6 km) desarrollado por la empresa Corasco. Para un período de retorno de 25 años, los coeficientes se muestran en la tabla 67 (ver pág. 173).

Tabla N° 67

Coeficientes de escorrentía

Área Pend	Urbana C	Pasto C	Cultivo C	Matorral C	Bosque C
Menor 2 %	0.81	0.32	0.38	0.32	0.29
Entre 2-7 %	0.81	0.40	0.42	0.41	0.38
Mayor 7 %	0.81	0.46	0.46	0.44	0.43

En el Anexo VI-A, página 323, se muestra el resumen del cálculo de los coeficientes para las cuencas de las alcantarillas estudiadas.

b) Intensidad de la lluvia:

La curva intensidad - duración - frecuencia (IDF) utilizada, es la de Nueva Guinea (ver Anexo VI-B, página 326), la cual es elaborada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Los valores obtenidos de la curva IDF para un periodo de retorno de 25 años, se muestran en la tabla 68.

Cabe señalar que la estación base utilizada fue Nueva Guinea localizada en las coordenadas Latitud Norte 11° 41' 00", Longitud Oeste 84° 28' 00", con una elevación de 150 msnm, con información de intensidades desde el año 1970 hasta el año 2000.

Tabla 68

Intensidades en mm/h

Estación	Per. Ret (años)	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min
Nueva Guinea	25	183.6	149.0	127.7	93.5	65.5	44.6	23.6

Estos datos están ajustados por medio de los mínimos cuadrados a una curva del tipo:

$$I = \frac{A}{(T+d)b}$$

Dónde:

I = intensidad de la lluvia en mm/hora.

A, d y b = Parámetros de ajuste a determinarse, en este caso obtenidos de la IDF de Nueva Guinea. (Ver Anexo VI-B, página 327)

T = Duración de la lluvia en minutos.

Los parámetros de ajuste para un periodo de retorno de 25 años, se muestran en la tabla 69.

Tabla 69
Parámetros de ajuste

Estación	Período de retorno	A	d	B
Nueva Guinea	25 años	815.106	7.0	0.600

En el Anexo VI-B, página 327, se muestra la IDF de Nueva Guinea.

c) Duración de la lluvia:

La duración de la lluvia corresponde al tiempo de concentración de la cuenca, fue determinado usando la ecuación de California Culverts:

$$T_C = \left(\frac{11.9 * L^3}{H} \right)^{0.389}$$

Indicado en Página 154, Ecuación 19

T_C=Tiempo de Concentración en horas

L = longitud de cauce principal en millas.

H = diferencia de elevación en pies.

Cuando los resultados de esta fórmula, fueron inferiores a los cinco minutos, se asumió este valor como el mínimo. (Ver resultados en Anexo VI-A, página 324).

d) Área de las cuencas:

Para el presente estudio, las cuencas fueron delimitadas del Mapa Geodésico del municipio de Nueva Guinea a escala 1: 50,000, el cual contiene curvas de nivel cada 20 mts y luego, estas cuencas fueron trasladadas al programa de AUTOCAD 2008, para posteriormente determinar el área de cada cuenca.

En el Anexo VI-C, página 331, se muestran los resultados obtenidos del programa AUTOCAD.

e) Longitud del Cauce Principal:

Primero se localizó la corriente más larga que se encontraba en la cuenca, luego se calculó la longitud de la misma a través del programa AutoCAD 2008.

f) Pendiente de las cuencas:

Estas se determinaron de acuerdo a la ecuación 22, página 157:

$$S_0 = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L_c}$$

Finalmente el Caudal o Gasto de Diseño para cada cuenca se determinó empleando la ecuación 18, página 153:

$$Q = \frac{C^*A}{360}$$

Los resultados obtenidos del estudio hidrológico se muestran en la tabla 70 (ver pág. 176).

Tabla N° 70

NUEVA GUINEA (ESTACION 0+000) – LA ESPERANZA (ESTACION 11+100)
CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

			Parámetros de la Cuenca										
N°	Alcant.	Estación	Área (Has)	Coef.	Cauce Principal					Tiempo concentración		Intensi. 25 años (mm/h)	Caudal Met.Rac. (m³/s)
	Escor. C			Longitud		Elev. Superior	Elev. Inferior	Pendiente S (m/m)					
				(Kms)	(Millas)	msnm	msnm						
1	A1	1+317.46	1.47	0.37	0.11	0.07	169.00	165	0.0374	0.08	4.8	185.39	0.28
2	A2	1+698.86	63.30	0.34	1.36	0.85	190.00	156	0.0249	0.35	21	110.39	6.69
3	A3	3+500.2	130.30	0.39	1.69	1.06	148.00	142	0.0036	0.88	52.8	70.02	9.88
4	A4	4+445.28	5.27	0.39	0.24	0.15	170.00	159	0.0458	0.08	4.8	185.39	1.06
5	A5	5+014	6.52	0.41	0.16	0.10	170.00	165	0.0313	0.08	4.8	185.39	1.38
6	A6	7+570.5	5.62	0.40	0.24	0.15	177.00	170	0.0298	0.08	4.8	185.39	1.16

6.2.2 Estudio Hidráulico al tramo de carretera en estudio.

La realización del estudio hidráulico en el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza (11.10 km), nos servirá para determinar si las estructuras existentes, en este caso, alcantarillas, tienen la capacidad hidráulica suficiente para evacuar las crecidas de diseño en cada cuenca. La tabla 71 muestra las características de las alcantarillas existentes.

Tabla 71

Características de las alcantarillas existentes

Estructura de Drenaje Existente							
N°	Alcantarilla	Estación	Long (mt)	Cant.	TIPO	Diám. (pulg)	Estado
	Campo						
1	A1	1+317.46	6.1	1	TCR	36	Mal estado
2	A2	1+698.86	10.4	1	TCR	36	Buena
3	A3	3+500.2	7.4	1	TCR	48	Buena
4	A4	4+445.28	8.3	1	TCR	30	Mal estado
5	A5	5+014	8.3	1	TCR	30	Buena
6	A6	7+570.5	7.95	1	TMC	36	Mal estado

TCR: Tubo de concreto reforzado

TMC: Tubo metálico corrugado

En las alcantarillas en mal estado se observó daños en los cabezales de entrada y de salida, y en la parte interna de la estructura se observaron fisuras.

6.2.2.1 Cálculo hidráulico para las alcantarillas en el presente estudio.

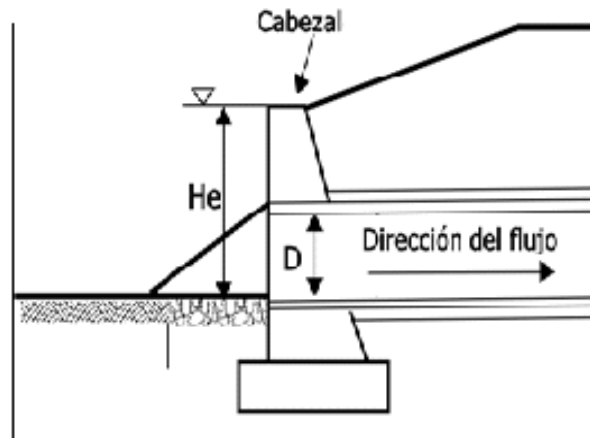
Criterios de Diseño.

- a) La descarga de la tubería se analizó considerando la carga al nivel del cabezal de entrada, 0.45 m.
- b) Todas las alcantarillas propuestas fueron de concreto, con un coeficiente de rugosidad de Manning de $n = 0.013$, según tabla 66, página 160.
- d) El diámetro mínimo de las alcantarillas propuestas es de 30 pulgadas (diámetro mínimo recomendado por el MTI) a fin de facilitar su mantenimiento.
- e) La alcantarilla en buen estado trabajando con la carga del terraplén y que está suficientemente sobrada para descargar el caudal pico calculado, se mantuvo.

Metodología.

La pendiente de la tubería fue tomada del documento “Informe Final Hidrotécnico de Drenaje Menor y de Cajas” para el Proyecto Nueva Guinea – Naciones Unidas (24.6 km) desarrollado por la empresa Corasco. Según los datos obtenidos del levantamiento topográfico de este informe, en relación a las condiciones de las alcantarillas existentes, la pendiente es del 2%.

La carga hidráulica máxima de la alcantarilla para determinar el caudal que puede evacuar la estructura, se considera el nivel del agua al borde del muro del cabezal (altura del cabezal, 45 cm sobre la corona), siendo H_e la profundidad de la carga hidráulica.



En la tabla 72 se muestran las capacidades de descarga de las alcantarillas existentes, trabajando a carga máxima de 0.45 m (altura del cabezal).

Tabla 72
Capacidad de descarga alcantarillas

Carga altura sobre corona = 0.45 m	
Pendientes = 2%	
Diámetro (pulgadas)	Caudal (m³/s)
30	1.59
36	2.58
48	5.63

En el anexo VI-D, página 341, se muestra el cálculo de la capacidad de descarga de las alcantarillas existentes.

El procedimiento usado para la determinación de las estructuras de drenaje fue el siguiente:

1. Si la alcantarilla está en buen estado y tiene suficiente capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño se conserva.
2. Si la alcantarilla está en buen estado pero es insuficiente, se complementa con los elementos necesarios para que trabaje satisfactoriamente

cumpliendo con los criterios de diseños establecidos.

3. Si la alcantarilla está en mal estado se sustituye por una que trabaje satisfactoriamente.

En la tabla 73, se muestran los resultados del estudio hidráulico de drenaje menor transversal para las alcantarillas estudiadas.

Tabla N° 73
RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DEL DRENAJE MENOR

Estructura de Drenaje Existente									Cálculo Hidrológico	OBSERVACIONES
N°	Alcant. Campo	Estación	Long (m)	Cant.	TIPO	Diam. Pulg	Estado	Capacidad de descarga (m³/s)	Caudal Met.Rac. (m³/s)	
1	A1	1+317.46	6.1	1	TCR	36	Mal estado	2.58	0.28	Tiene capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño
2	A2	1+698.86	10.4	1	TCR	36	Buena	2.58	6.69	No tiene suficiente capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño
3	A3	3+500.2	7.4	1	TCR	48	Buena	5.63	9.88	No tiene suficiente capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño
4	A4	4+445.28	8.3	1	TCR	30	Mal estado	1.59	1.06	Tiene capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño
5	A5	5+014	8.3	1	TCR	30	Buena	1.59	1.38	Tiene capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño
6	A6	7+570.5	7.95	1	TMC	36	Mal estado	2.58	1.16	Tiene capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño

6.2.3 Resultados finales obtenidos para el drenaje menor del tramo de carretera en estudio.

Dados los resultados obtenidos de la revisión del drenaje mostrado en la tabla anterior, se puede observar que las alcantarillas A2 y A3, se encuentran actualmente en buen estado, pero su capacidad de descarga es insuficiente

para drenar el caudal necesario, por lo que es necesario realizar el diseño de las mismas.

El diseño de estas alcantarillas consistirá básicamente en ir aumentando la cantidad de tubos en las alcantarillas, manteniendo para cada una la alcantarilla actual y adicionándole un nuevo tubo con un diámetro que garantice que se cumpla con los criterios de diseños establecidos.

En el caso de las alcantarillas A1, A4 y A6, éstas se encuentran en mal estado, por lo que deberán ser reemplazadas por una que trabaje satisfactoriamente. En el caso de la alcantarilla A5, se observó que se encuentra en buen estado y que su capacidad de descarga es suficiente para drenar el caudal necesario, por lo que la misma, se mantendrá.

Diseño de las alcantarillas:

A la alcantarilla A2, se le deberá adicionar dos tubos de 36 pulgadas, a la alcantarilla A3, se le deberá adicionar un tubo de 48 pulgadas, y en el caso particular de la alcantarilla A5, se mantendrá la estructura existente.

Para las alcantarillas A1, A4 y A6, se deberá construir en cada punto de las alcantarillas removidas, una nueva estructura en la cual se instalará un tubo de 30 pulgadas de diámetro ($D \geq 30$ pulgadas, recomendado por el MTI).

La tabla 74 (ver pág. 181) muestra los resultados finales obtenidos del diseño y análisis de las alcantarillas existentes, lo que permitirá garantizar un buen funcionamiento del drenaje menor en el tramo de carretera Nueva Guinea – La Esperanza (11.10 km).

Tabla 74

PROYECTO NUEVA GUINEA (EST. 0+000) – LA ESPERANZA (11+100)
RESULTADO DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Estructura de Drenaje Existente									Cálculo Hidrológico	Estructura Propuesta			OBS.
N°	Alcant. Campo	Estación	Long (m)	Cant.	TIPO	Diam. Pulg.	Estado	Capacidad de descarga (m³/s)	Caudal Met.Rac. (m³/s)	Tubos		Caudal Máximo (m³/s)	
										Cant.	Diam. (pulg.)		
1	A1	1+317.46	6.1	1	TCR	36	Mal estado	2.58	0.28	1	30	1.59	Construir Nueva Alcantarilla
2	A2	1+698.86	10.4	1	TCR	36	Buena	2.58	6.69	3	36	7.73	Agregar dos tubos de 36"
3	A3	3+500.2	7.4	1	TCR	48	Buena	5.63	9.88	2	48	11.26	Agregar un tubo de 48"
4	A4	4+445.28	8.3	1	TCR	30	Mal estado	1.59	1.06	1	30	1.59	Construir Nueva Alcantarilla
5	A5	5+014	8.3	1	TCR	30	Buena	1.59	1.38	1	30	1.59	Mantener estructura existente
6	A6	7+570.5	7.95	1	TMC	36	Mal estado	2.58	1.16	1	30	1.59	Construir Nueva Alcantarilla

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Luego de realizar el análisis técnico y económico de la carretera Nueva Guinea – La Esperanza de 11.1 km de longitud, evaluando dos alternativas de estructura de pavimento: Concreto Asfáltico en Caliente y Adoquinado, se puede concluir lo siguiente:

- El Transito Promedio Diario Anual (TPDA) resultante es de 269 vehículos por día.
- Se propuso una tasa de crecimiento del tránsito para esta carretera de un 2.57%. Esta tasa fue utilizada para el horizonte del proyecto.
- El suelo predominante en la sub rasante es un suelo cohesivo clasificado como arcilla del tipo A-7-5 con Índices de Grupo principales 15, 17, 13 y 16 respectivamente, los cuales se encuentran tanto en la superficie como en los estratos bajos del suelo.
- Se ubicaron 10 posibles bancos de materiales para utilizarse en el proyecto.
- Ninguno de los materiales de Banco posee un CBR mayor de 80, por tanto para la capa Base, se deberá estabilizar con cemento con una dosificación del 5% el material del banco No. 1-A., obteniendo así una resistencia última a la compresión de 281.62 lb/plg² (19.8 Kg/cm²).
- Se obtuvo un total de 1,457,690 ESAL's de diseño.

- Resultados del análisis técnico de las dos alternativas de estructura de pavimento con el software WINPAS:

Capa	Alternativa Sub Rasante Actual		Alternativa Sub Rasante Mejorada	
	(Espesores en pulgadas)		(Espesores en pulgadas)	
	Adoquinado	Concreto Asfáltico	Adoquinado	Concreto Asfáltico
Rodamiento	4	3	4	3
Base	6	6	7	6
Sub Base	12	17	0	6

- Resultados de la Evaluación Económica con el software RED:

Alternativa Sub Rasante Actual	VAN (millones US\$)	TIR (%)
Adoquinado	2.564	21
Concreto Asfáltico en Caliente	2.471	19
Alternativa Sub Rasante Mejorada	VAN (millones US\$)	TIR (%)
Adoquinado	2.778	23
Concreto Asfáltico en Caliente	2.731	21

- En base a los resultados de la Evaluación Económica se determina que la alternativa más rentable es Adoquinado con sub rasante mejorada, el cual tiene un VAN de US\$ 2.778 millones y una TIR del 23%.
- Resultados obtenidos en el Estudio de Drenaje:
- Alcantarilla A2: se le deberá adicionar dos tubos de 36 pulgadas.
 - Alcantarilla A3: se le deberá adicionar un tubo de 48 pulgadas.
 - Alcantarilla A5: se mantendrá la estructura existente.
 - Alcantarillas A1, A4 y A6: se deberá remover las estructuras existentes en mal estado y reemplazarlas por una nueva, en la cual se instalará un tubo de 30 pulgadas de diámetro por alcantarilla.

7.2 Recomendaciones

- ✓ En la fase de ejecución del proyecto, se deberá tener mucho cuidado en la adquisición de los adoquines de concreto. Garantizar que su procedencia sea de fábricas certificadas legalmente, ya que los mismos, deberán cumplir con una resistencia de 5,000 psi, requerida por la NIC-2000. No se deberá caer en el grave error de sacrificar calidad por ahorrar financieramente.
- ✓ Se recomienda que una vez que entre en operación el tramo de carretera Nueva Guinea hacia La Esperanza (11.1 km), este deberá ser incluido en el programa de mantenimiento vial que realiza el MTI a través de la dirección de adoquinado, garantizando de esta manera, que el pavimento se comporte de manera satisfactoria durante su vida útil.
- ✓ Una vez que entre en operación la carretera, se deberán realizar conteos vehiculares de manera regular, con el fin de llevar un control del crecimiento vehicular, facilitando así futuras mejoras en la vía.
- ✓ Es necesario efectuar una revisión periódica a las alcantarillas construidas y efectuar mantenimientos antes de cada periodo invernal, con el fin de tomar las previsiones necesarias para evitar una socavación incipiente.
- ✓ El ejecutor de la obra deberá de realizar un plan de gestión ambiental, el cual tendrá como objetivo principal garantizar que las medidas de mitigación ambiental necesarias de acuerdo a las obras a ejecutarse, sean cumplidas a cabalidad. Este plan deberá realizarse y ejecutarse en conjunto con las autoridades del INAFOR, MARENA y la Unidad de Gestión Ambiental del MTI. Lo más importante de este plan es hacer que las personas comprendan que se debe de tener sensibilidad humana para valorar el medio ambiente en que vivimos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- AASHTO [1993] Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C, USA.
- 2- Asphalt Institute [1981, 1991] Thickness Design Asphalt Pavement for Highways & Streets, Manual Series No.1 (MS-1), Lexington, USA.
- 3- Mecánica de Suelos, J.J. Sanz Llano.
- 4- Anuario de Transito 2010, Ministerio de Transporte e Infraestructura. Nicaragua.
- 5- Curvas IDF de la estación de Nueva Guinea proporcionada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).
- 6- IV Censo Nacional de Población, Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), 2005.
- 7- Anuario Estadístico Banco Central de Nicaragua (BCN), 2012.
- 8- Informes Económicos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2012.
- 9- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC-2000. Nicaragua.
- 10- Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, INAA. Nicaragua.

- 11- Estudio de Suelos e Hidráulico Carretera Nueva Guinea – Naciones Unidas, Empresa de diseño Corea y Asociados S.A. Nicaragua.
- 12- Juárez Badillo- Rico Rodríguez. Mecánica de suelos tomo I, 1999.
- 13- Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las Carreteras Regionales, 2,001.
- 14- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.
- 15- Olivera Bustamante Fernando. Estructuración de vías terrestres. Editorial continental. México.
- 16- Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.
- 17- Dr. Ing. Augusto Jugo B. en su documento titulado “METODOLOGIA PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VIAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO (Agosto 2010)”
- 18- Diseño Estructural de Pavimentos, Servicio de Vivienda y Urbanización Regional Metropolitana de Chile.
- 19- Cartilla de Costos y Presupuesto 2012, Oficina de Costos y Presupuestos, División General de Planificación, MTI.
- 20- Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua, 2008).

21- Diagnóstico de la Infraestructura Terciaria de Transporte en los Municipios Jinotega, Matagalpa, Boaco y Chontales. Anexos de Diagnóstico de la Infraestructura Vial de la Red de Caminos Vecinales del Municipio de “Villa Sandino” Departamento de Chontales, DANIDA, 2010.

22- Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W Mays, Applied Hidrology.

23- Guía Hidráulica para El Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales, Past - Danida, Septiembre 2004, Nicaragua

24- Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA).

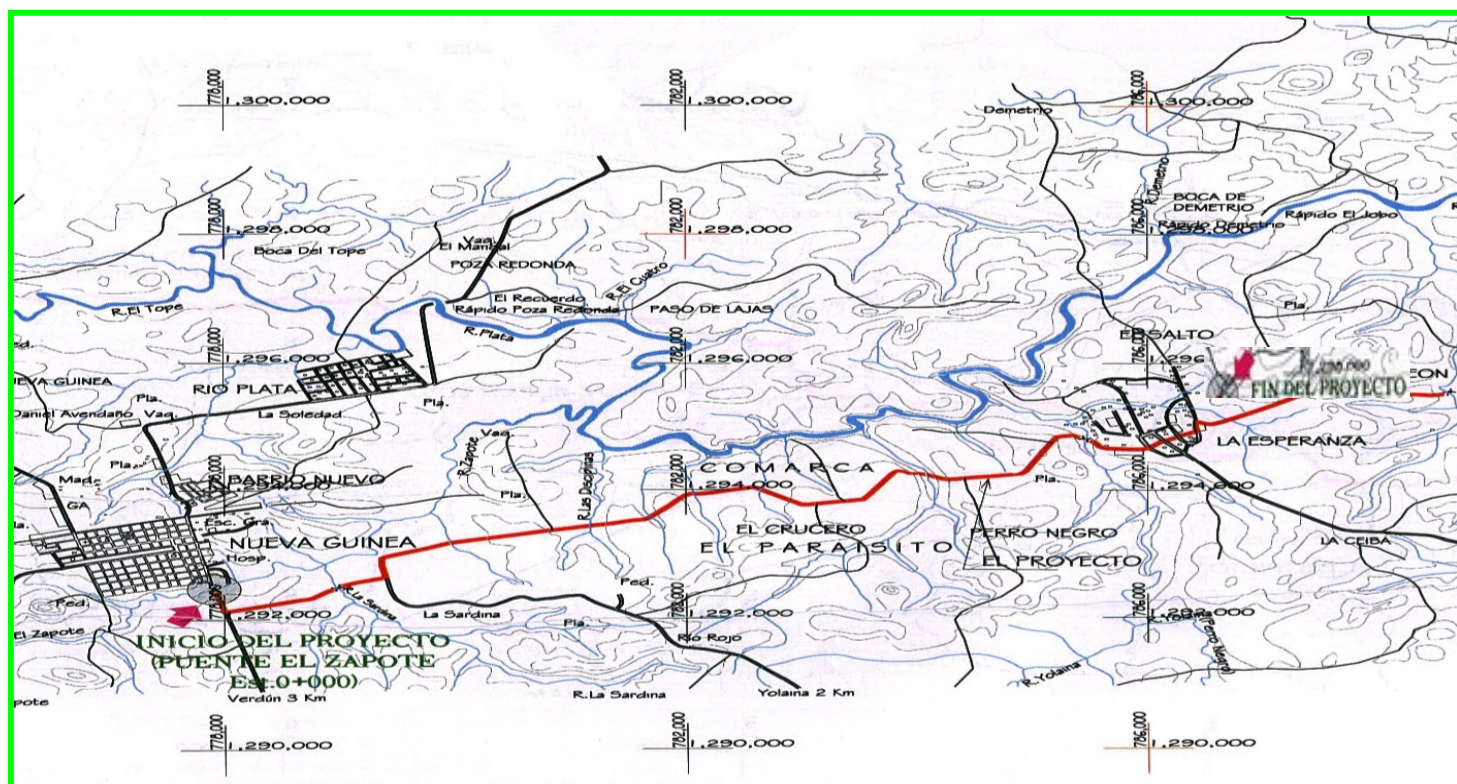
25- Guía de diseño de alcantarillado sanitario, Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable de Quito -Ecuador (EMAAP-Q).

26- Características de los Suelos, Maestrías en Vías Terrestres, Ing. Víctor Trajano Naranjo, Ecuador 2011.

27- Sitio web: www.bdigital.unal.edu.co/cap3.pdf.

ANEXOS


ANEXO I MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Anexo II-A

Características de los distintos vehículos en Nicaragua

Tipología y Descripción Vehicular de Censos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos PMS

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracidos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA $Tx-Sx \leq 4$		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo $Tx-Sx \leq 4$
	$Tx-Sx > 5$		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	$Cx-Rx \leq 4$		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como $Cx-Rx \leq 4$
	$Cx-Rx \geq 5$		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motorizadores, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadora.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes).

Fuente: MTI

Anexo II-B: Formato de Conteo Vehicular.



ESTUDIO DE TRAFICO NUEVA GUINEA - LA ESPERANZA, 11.1 KM CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

NOMBRE AFORADOR:

[illegible]

Anexo II-C

Estaciones con Dependencia de la Estación de Mayor Cobertura 700

DEPENDENCIA DE ESTACIONES

PERMANENTE	NIC	N° ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
700	NIC-43	4305	ECS	191.0	San Jose - Asturias No-2
	NIC-43	4306	ECS	194.7	Asturias No-2 - Emp. Los Cedros
	NIC-43	4303	ECS	195.2	Emp. Los Cedros - Las Cruces
	NIC-43	4102	ECS	205.0	Emp.Las Cruces - Pantasma
	NIC-43	4112	ECS	214.8	Pantasma - Bocas de Vilán
	NIC-43	4104	ECS	230.0	Bocas de Vilán - Emp. Maleconcito
	NIC-43	4108	ECS	500.0	Wiwilí - Wamblán
	NIC-45	4502	ECS	225.2	Pancasán - Brasilia
	NIC-50	5001	ECD	149.0	El Viejo - Tonalá
	NIC-50	5002	ECS	163.0	Tonalá - Puerto Morazán
	NIC-57	5702	ECS	209.0	La Colonia - Abisinia
	NIC-57	5712	ECS	242.5	Emp Sn José de Bocay (La Chata)-Sn José de Bocay-Ayapal
	NIC-70A	7001	ECS	71.7	Quebrada Honda (Inter Nic-1) - San. Francisco Libre
	NIC-71	7101	ECD	250.0	La Curva - Las Miradas
	NIC-71	719	ECD	265.0	Las Miradas - Nueva Guinea
	NIC-71	7110 B	ECS	300.0	La Esperanza - Naciones Unidas
	NN-11	1504	ECS	248.0	Dipilto - Ococona
	NN-41	4903	ECS	184.0	Petaquia - Saslale
	NN-48	310	ECS	185.0	Sisle -Santa Fé

Fuente: Anuario de Tráfico 2010, MTI

Anexo II-D:
Resultados del Conteo Vehicular por Hora, por Día y por
Tipo de Vehículo.

CONTEO VEHICULAR
NUEVA GUINEA - LA ESPERANZA (11.1 KMS)

FECHA:		10/07/2012															
		VEHICULOS DE PASAJEROS					VEHICULOS DE CARGA							EQUIPO PESADO			
HORA	AUTO	CTA	M.B.	BUS	MOTO	CAMION	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2	VA	VC	TOTAL		
						CTA											
06-07	2	2	0	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	1	12		
07-08	4	2	0	1	3	1	5	0	0	0	0	0	0	2	18		
08-09	3	2	1	2	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	20		
09-10	5	1	0	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	1	17		
10-11	2	2	0	1	4	5	5	0	0	0	0	0	0	1	20		
11-12	3	1	0	1	3	5	5	0	0	0	0	0	1	0	19		
12-13	2	1	0	1	3	1	4	0	0	0	0	0	1	1	14		
13-14	5	2	1	2	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	19		
14-15	2	3	0	1	5	1	4	1	0	0	0	0	0	0	17		
15-16	2	1	0	2	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	16		
16-17	3	0	1	2	3	2	2	0	0	0	0	0	1	2	16		
17-18	4	2	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	13		
TOTAL	37	19	3	16	38	31	44	2	0	0	0	0	3	8	201		

**CONTEO VEHICULAR
NUEVA GUINEA - LA ESPERANZA (11.1 KMS)**

HORA	VEHICULOS DE PASAJEROS					VEHICULOS DE CARGA					EQUIPO PESADO		TOTAL
	AUTO	CTA	M.B.	BUS	MOTO	CAMION	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2	
						CTA							
06-07	4	0	0	1	2	2	6	0	0	0	0	0	15
07-08	2	1	0	1	3	3	5	0	0	0	0	1	16
08-09	6	2	0	1	4	4	5	0	0	0	0	0	22
09-10	3	3	0	1	2	4	2	0	0	0	0	1	16
10-11	2	2	1	1	4	3	7	0	0	0	0	0	20
11-12	3	0	0	0	3	5	5	0	0	0	0	0	16
12-13	4	1	0	1	2	5	5	0	0	0	0	0	18
13-14	3	2	1	1	3	4	6	0	0	0	0	2	22
14-15	3	1	0	0	3	3	4	0	0	0	0	0	14
15-16	3	1	0	2	2	2	4	0	0	0	0	0	14
16-17	4	1	2	1	3	3	5	0	0	0	0	0	19
17-18	4	3	0	0	1	3	6	0	0	0	0	0	17
TOTAL	41	17	4	10	32	41	60	0	0	0	0	4	209

FECHA: 11/07/2012

**CONTEO VEHICULAR
NUEVA GUINEA - LA ESPERANZA (11.1 KMS)**

FECHA:		12/07/2012														
		VEHICULOS DE PASAJEROS					VEHICULOS DE CARGA					EQUIPO PESADO				
HORA	AUTO	CTA	M.B.	BUS	MOTO	CAMION	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2	VA	VC	TOTAL	
						CTA										
06-07	3	0	1	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12
07-08	3	2	0	2	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	14
08-09	6	0	1	1	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	18
09-10	5	1	0	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	14
10-11	2	1	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	13
11-12	3	2	1	2	1	0	7	0	0	0	0	0	2	0	0	18
12-13	2	2	1	1	2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	17
13-14	2	1	0	1	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12
14-15	2	1	0	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	13
15-16	2	1	0	1	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12
16-17	3	2	0	1	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	15
17-18	2	3	0	1	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	16
TOTAL	35	16	4	12	26	2	75	0	0	0	0	0	4	0	0	174

Anexo II-E

Estaciones de Mayor Cobertura y sus tasas de crecimiento de tránsito.

Tabla 5: Tasas de Crecimiento en Estaciones Permanentes

No.	Estación Permanente	Tasas Crecimiento
101B	Zona Franca – La Garita	2.08 %
107	Sébaco – Emp. San Isidro	3.04 %
200	Ent. INCAE – El Crucero	2.52 %
300	Sébaco – Quebrada Honda	4.94 %
700	Emp. Camoapa – Tecolostote	5.73 %
1205	Emp. Chichigalpa – Chinandega	4.73 %
1802	San Marcos - Masatepe	5.36%
2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43 %
401	Masaya - Granada	0.37%
2404	Chinandega – Corinto	3.73%

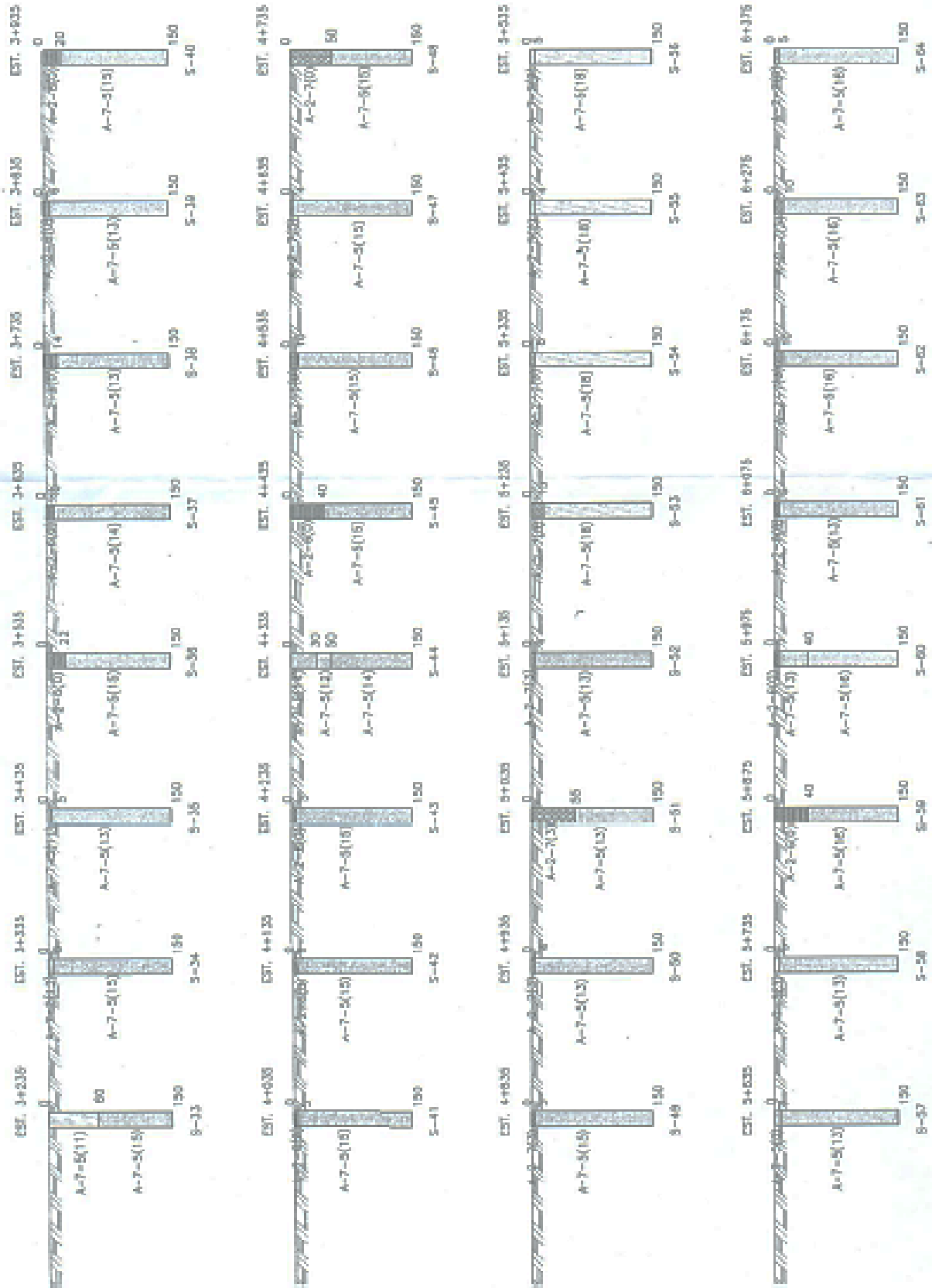
Fuente: Anuario de Trafico MTI, 2010

ANEXO III-A: ESTRATIGRAFIA DEL SUELO.

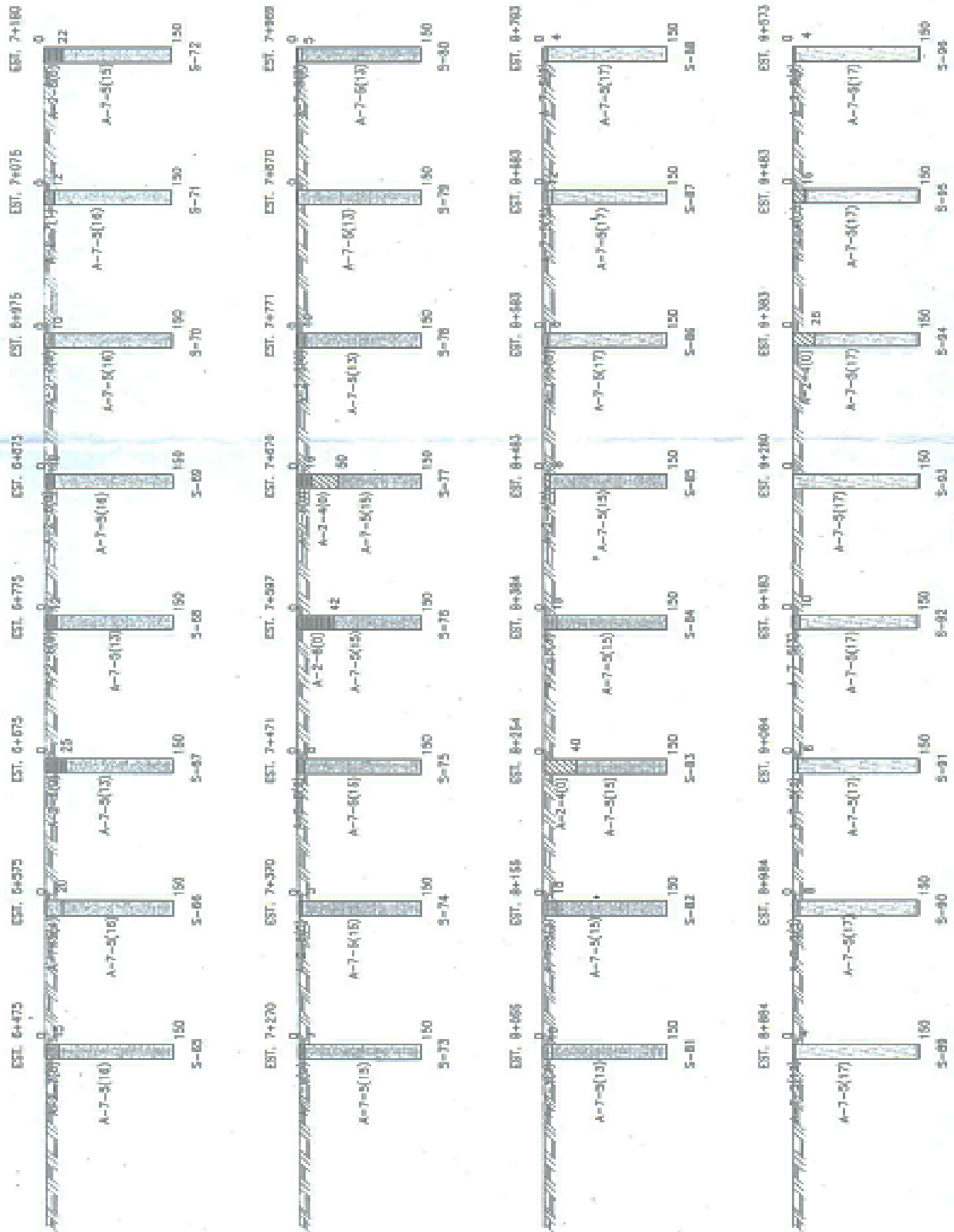
ESTATIGRAFIA DEL SUELO
PROYECTO: NUEVA GUINEA - NACIONES UNIDAS



ESTADÍSTICA DEL SUELO PROYECTO: NUEVA GUINEA - NACIONES UNIDAS

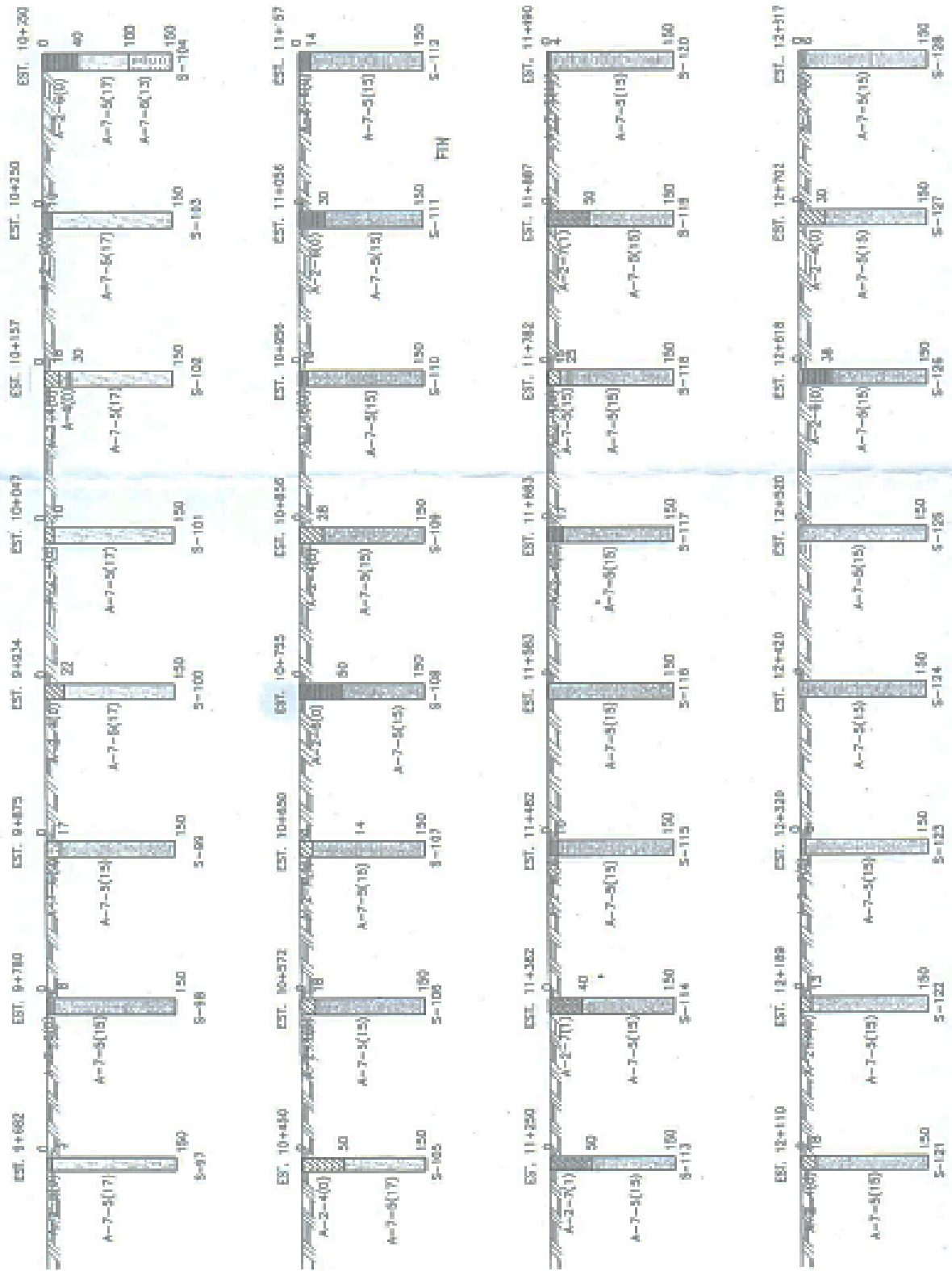


ESTATIGRAFIA DEL SUELO PROYECTO: NUEVA GUINEA - NACIONES UNIDAS



LA ESCALA DE PROFUNDIDAD ES EN CENTIMETRO

ESTATIGRAFIA DEL SUELO PROYECTO: NUEVA GUINEA - NACIONES UNIDAS



LA ESCALA DE PROFUNDIDAD ES EN CENTIMETRO

ANEXO III-B: RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE LOS SONDEOS DE LINEA.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Morioya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto: _____

Sondeos de: LINEA, CAMINO REVESTIDO
Fecha de Sondeo: 22/10/2005
Fecha de Ensayes: NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
0+020	01	01	0-5	L.C.	85	78	63	53	42	37	29	24	18	16	42	15	A-2-7(0)	17.1	Gravas gruesa a fina con arcilla y arena color café amarillento
		02	5-50		98	86	69	58	46	41	30	23	16	14	33	13	A-2-6(0)	13.5	Gravas gruesa a fina con arcilla y arena color café amarillento
		03	50-150								100	99	98	97	73	37	A-7-5(20)	40.4	Arcilla de plasticidad alta color rojo
0+130	02	04	0-20	L.C. 1.00 MTS							100	93	82	77	65	28	A-7-6(19)	36.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo
		05	20-150	DER.							100	99	98	97	73	37	A-7-5(20)	40.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo
0+230	03	06	0-20	L.C. 1.00 MTS	98	86	69	58	46	41	30	23	16	14	33	13	A-2-6(0)	12.7	Gravas gruesas a finas con arena y arcilla color café claro
		07	20-150	IZQ							100		98	99	85	43	A-7-5(20)	44	Arcilla de plasticidad alta color rojo
0+330	04	08	0-150	L.C. 1.00 MTS							100	99	98	97	73	37	A-7-5(20)	44.5	Arcilla de plasticidad alta color rojo
				IZQ															
0+430	05	09	0-5	L.C. 2.00 MTS	100	92	77	70	59	53	39	33	27	25	40	15	A-2-6(0)	13	Gravas finas a gruesas con arcilla y arena color café claro
		10	5-150	DER.							100	99	95	92	62	19	A-7-5(16)	41.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo
0+530	06	11	0-20	L.C. 0.80 MTS	100	98	84	76	66	59	44	36	26	23	34	13	A-2-6(0)	12.1	Gravas finas a gruesas con arcilla y arena color café claro
		12	20-50		95	90	77	70	61	56	46	41	34	31	41	15	A-2-7(1)	16	Gravas con arcilla y arena color café
		13	50-70								100	99	98	95	83	36	A-7-6(20)	47.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo
		14	70-150								100	98	96	95	67	29	A-7-5(20)	48.5	Arcilla de plasticidad alta color gris oscuro

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 268817476 ó 268583335 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	23/10/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL, I.P % %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				
0+623	07	15	0-70	L.C. 1.00 MTS	92	86	72	63	54	48	100	100	100	99	35	11	17.5	Gravas Guesas a Finas con arcilla limosa y arena color café amarillento
		16	70-150	DER.											75	27	43.2	Arcilla de plasticidad alta color gris oscuro
0+738	08	17	0-35	L.C.	92	86	72	63	54	48	100	100	100	99	35	11	13.5	Gravas Guesas a Finas con arcilla limosa y arena color café amarillento
		18	35-150								100	100	100	99	75	27	41.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo
0+820	09	19	0-150	L.C. 1.50 MTS							100	99	98	97	73	37	44.5	Arcilla de plasticidad alta color rojo
				IZQ														
0+920	10	20	0-30	L.C. 1.80 MTS	100	92	75	64	50	44	32	26	19	16	37	15	13	Gravas con arcillas y arena color café claro
		21	30-50	DER.							100	96	87	83	57	19	46.5	Arcilla de plasticidad media alta color negro
		22	50-150								100	99	95	91	69	29	46.7	Arcilla de plasticidad alta color café amarillento
1+020	11	23	0-5	L.C. 1.50 MTS	100	92	75	64	50	44	32	26	19	16	37	15	13.2	Gravas con arcilla y arena color café claro
		24	5-150	IZQ							100	97	69	58	58	17	38.8	Arcilla de plasticidad media a alto color gris
1+120	12	25	0-20	L.C. 1.00 MTS	92	86	72	63	54	48	35	29	24	22	35	11	13.6	Gravas gruesas a finas con arcilla limosa color café amarillento
		26	20-150	IZQ							100	95	80	74	60	21	45.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto:

Sondeos de: LINEA, CAMINO REVESTIDO
Fecha de Sondeo: 23/10/2005
Fecha de Ensayes: NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
1+220	13	27	0-20	L.C. 0.80 MTS	100	98	84	70	55	46	100	100	95	92	39	16	A-2-6(0)	13.6	Gravas mediana a gruesa con arcilla y arena color café claro
		28	20-150	DER.											70	30	A-7-5(20)	45.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo
1+330	14	29	0-4	L.C. 1.20 MTS	100		77	70	59	53	39	33	27	25	40	15	A-2-6(0)	14.1	Gravas con arcilla y arena color
		30	4-150	IZQ							100	97	91	89	60	21	A-7-5(16)	39.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo
1+420	15	31	0-15	L.C. 0.80 MTS	90	77	65	55	44	39	29	24	20	18	39	16	A-2-6(0)	12.2	Gravas gruesas a finas con arcilla color café
		32	15-150	DER.							100	97	91	89	60	21	A-7-5(16)	47.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo
1+520	16	33	0-150	L.C.							100	99	96	95	70	41	A-7-6(20)	38.1	Arcilla de plasticidad alta color rojo
1+615	17	34	0-150	L.C. 0.70 MTS							100	99	95	92	62	19	A-7-5(16)	32.5	Arcilla de plasticidad alta color rojo
				IZQ															
1+715	18	35	0-20	L.C. 1.00 MTS	92	80	62	51	42	38	27	22	16	14	36	16	A-2-6(0)	12.8	Gravas gruesas a finas con arcilla y arena color café claro
		36	20-150	DER.							100	99	93	90	69	38	A-7-5(20)	43.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 266833/35 Fax: 2668334
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: **Estudio y Diseño**
Tramo/Sitio: **Nueva Guinea - Naciones Unidas**
Cliente: **MTI**
Dueño del Proyecto:

Sondeo de:
Fecha de Sondeo:
Fecha de Ensayes:

LINEA, CAMINO REVESTIDO
24/10/2005
NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
1+815	19	37	0-10	L.C. 0.70 MTS IZQ.	100	92	77	70	59	53	100	99	97	96	40	15	A-2-6(0)	14.6	Gravas con arcilla y arena color plomo
		38	10-150												66	24	A-7-5(18)	42.3	Arcilla de Plasticidad alta color rojo
1+915	20	39	0-5	L.C. 1.00 MTS DER.	100	92	77	70	59	53	100	99	98	97	40	15	A-2-6(0)	15.9	Gravas con arcilla y arena color café claro
		40	5-150								100	99			70	29	A-7-5(19)	43.1	Arcilla de Plasticidad alta color café claro
2+015	21	41	0-5	L.C. 0.80 MTS IZQ.	100	92	77	70	59	53	100	99	97	96	40	15	A-2-6(0)	18.2	Gravas con arcillas y arena color café claro
		42	5-150								100	100	99	98	75	22	A-7-5(17)	47.3	Arcilla de Plasticidad alta color café claro
2+105	22	43	0-150	L.C. 0.90 MTS DER.							100	99	94	91	78	34	A-7-5(20)	43.8	Arcilla de plasticidad alta color roja con rulas blancas
2+205	23	44	0-20	L.C. 1.00 MTS IZQ.	100	89	76	65	53	47	34	29	21	17	35	10	A-2-4(0)	15.2	Gravas con limo y arena color café claro
		45	20-40			100	92	87	82	76	67	55	40	33	50	19	A-2-7(2)	17	Gravas finas a gruesa con arcilla y arena color amarillento
		46	40-65		100	93	88	82	77	72	54	35	20	14	38	6	A-2-4(0)	14.8	Gravas con arena y limo color café amarillento
2+305	24	47	65-150	L.C. 2.50 MTS DER.							100	99	94	91	78	34	A-7-5(20)	44	Arcilla de plasticidad alta color rojo
		48	0-20		100	89	76	65	53	47	34	29	21	17	35	10	A-2-4(0)	15.5	Gravas con limo y arena y arcilla color café claro
		49	20-70		100	92	81	78	76	75	73	70	64	61	51	19	A-2-7(2)	18.6	Gravas finas a gruesa con arcilla y arena color amarillento
		50	70-150								100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	36.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	28/10/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo Nº	Muestra Nº	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL	I.P	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200					
2+405	25	51	0-15	L.C.	100	89	76	65	53	47	34	29	21	17	35	10	A-2-4(0)	Gravas con arena y limo arcilloso color café claro	
		52							100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	Arcilla de plasticidad alta color rojo			
		53							100	95	80	67	55	15	A-7-5(11)	Arcilla de plasticidad media y arena color café			
2+535	26	54	0-16	L.C. 1.80 MTS	100	89	76	65	53	47	34	29	21	17	35	10	A-2-4(0)	Gravas con arena y limo y arcilla color café claro	
		55	16-160	I.ZQ.							100	98	92	84	55	15	A-7-5(11)	Arcilla de plasticidad media y arena color rojo	
2+635	27	56	0-5	L.C. 1.80 MTS	100	92	81	78	76	75	73	70	64	61	51	19	A-7-5(11)	Arcilla de plasticidad media a alta con gravas color café.	
		57	16-558.00	DER.							100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	Arcilla de plasticidad alta color rojo	
		58	45-160							100	87	75	61	53	54	16	A-7-5(9)	Arcilla de plasticidad media con arena color café amarillento	
2+735	28	59	0-15	L.C. 1.8 I.ZQ.	100	92	81	78	76	75	73	70	64	61	51	19	A-7-5(11)	Arcilla de plasticidad media a alta con gravas color café.	
		60	15-160								100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	Arcilla de plasticidad alta color café amarillento	
2+835	29	61	0-15	L.C. 1.5 MTS	92	81	65	58	49	43	33	27	19	16	36	11	A-2-6(0)	Gravas gruesas a finas con arena y arcilla limosa color café amarillento	
		62	15-160	DER.							100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	Arcilla de plasticidad alta color rojizo	
2+935	30	63	0-5	L.C. 1.00 MTS	92	81	65	58	49	43	33	27	19	16	36	11	A-2-6(0)	Gravas gruesas a finas con arena y arcilla limosa color café amarillento	
		64	5-160	DER.							100	98	92	84	55	20	A-7-5(15)	Arcilla de plasticidad alta color rojizo	

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 o 2685633/35 Fax: 2685634
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto: _____

Sondeos de: LINEA, CAMINO REVESTIDO
Fecha de Sondeo: 26/10/2005
Fecha de Ensayes: NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	P.	
3+030	31	65	0-4	L.C. 1.8 IZQ.	100	92	81	78	76	75	100	98	92	84	51	19	A-7.5(11) Arcilla de plasticidad media a alta con gravas color café claro
		66	4-150								100				55	20	A-7.5(15) Arcilla de plasticidad alta color rojo
3+129	32	67	0-30	L.C. 1.00 MTS IZQ.							100	95	83	75	54	18	A-7.5(14) Arcilla de plasticidad media a alta color café amarillento
		68	30-150								100	98	92	84	55	20	A-7.5(15) Arcilla de plasticidad alta color rojo
3+228	33	69	0-60	L.C. 0.80 MTS DER.	100	92	81	78	76	75	100	98	92	84	51	19	A-7.5(11) Arcilla de plasticidad media a alta con gravas color café claro
		70	60-150								100				55	20	A-7.5(15) Arcilla de plasticidad alta color café amarillento
3+326	34	71	0-6	L.C. 1.5 MTS DER.							100	95	82	71	57	17	A-7.5(13) Arcilla de plasticidad media con arena color rojo con pintas blancas
		72	6-150								100	98	92	84	55	20	A-7.5(15) Arcilla de plasticidad alta color café
3+426	35	73	0-5	L.C. 1.5 MTS IZQ.	100	92	81	78	76	75	100	95	82	71	51	19	A-7.5(11) Arcilla de plasticidad media a alta con gravas y arena color café claro
		74	5-150								100	98	92	84	57	17	A-7.5(13) Arcilla de plasticidad media con arena color rojo
3+525	36	75	0-22	L.C. 0.7 MTS DER.	100	94	80	67	51	44	100	98	92	84	40	13	A-2-6(0) Gravas con arcilla y arena color café claro
		76	22-150								100				55	20	A-7.5(15) Arcilla de plasticidad alta color café

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

LINEA, CAMINO REVESTIDO
29/10/2005
NOVIEMBRE 2005

Sondeos de:
Fecha de Sondeo:
Fecha de Ensayes:

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto:

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz												LL	LP	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200							
3+635	37	77	0-10	L.C. 1.30 MTS IZQ.	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	18.3	Gravas con arcilla y arena color café claro		
		78	10-150								100	95	83	75	54	18	A-7-5(14)	45	Arcilla de plasticidad media a alta color rojo		
3+735	38	79	0-14	L.C. 1.20 MTS IZQ.	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	18	Gravas gruesas a finos con arcilla y arena color café claro		
		80	14-150								100	95	82	71	57	17	A-7-5(13)	42.6	Arcilla de plasticidad media con arena color rojo con pinitas blancas		
3+835	39	81	0-6	L.C. 2.00 MTS DER.	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	14.8	Gravas con arcilla y arena color café claro		
		82	6-150								100	95	82	71	57	17	A-7-5(13)	40.9	Arcilla de plasticidad media con arena color rojo con pinitas blancas		
3+935	40	83	0-20	L.C. 1.70 MTS IZQ.	100	92	73	59	45	37	25	19	15	14	38	14	A-2-6(0)	15.2	Gravas gruesas a finas con arcilla y arena color café claro		
		84	20-150								100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	39.7	Arcilla de plasticidad media a alta color rojiza		
4+035	41	85	0-5	L.C.	100	92	73	59	45	37	25	19	15	14	38	14	A-2-6(0)	15.6	Gravas con arcilla y arena color café claro		
		86	5-150								100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	44.6	Arcilla de plasticidad media color rojizo		
4+135	42	87	0-6	L.C. 0.90 MTS DER.	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	14.7	Gravas con arena y arcilla color café claro		
		88	6-150								100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	38.9	Arcilla de plasticidad media color rojizo		
4+235	43	89	0-5	L.C. 1.80 MTS IZQ.	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	16.2	Gravas con arena y arcilla color café claro		
		90	5-150								100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	41.8	Arcilla de plasticidad media color rojo		
4+335	44	91	0-30	L.C.							100	100	97	95	53	17	A-7-5(14)	34.4	Arcilla de plasticidad media color rojo		
		92	30-50								100	99	95	92	50	14	A-7-5(12)	35.8	Arcilla de plasticidad media a baja color café claro		
		93	50-150								100	100	97	95	53	17	A-7-5(14)	39.9	Arcilla de plasticidad media color roja.		

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)

Ingenieros Consultores

de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2685633/35 Fax: 2685634

Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño

Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas

Cliente: MTI

Dueño del Proyecto:

Sondeos de:

Fecha de Sondeo:

Fecha de Ensayes:

LINEA, CAMINO REVESTIDO

29/10/2005

NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
4+435	45	94	0-40	L.C. 1.00 MTS	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	15.6	Gravas con Arcilla y Arena Color Café Claro
		95	40-150	DER.							100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	42.8	Arcilla de Plasticidad media a alta color rojo
4+535	46	96	0-10	L.C. 1.00 MTS	100	94	80	67	51	44	32	26	21	19	40	13	A-2-6(0)	16.3	Gravas con Arcilla y Arena Color Café Claro
		97	10-150	IZQ.							100	99	94	94	59	18	A-7-5(15)	45.1	Arcilla de Plasticidad media a alta color rojo
4+635	47	98	0-4	L.C.	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	19	Gravas con Arcilla de Plasticidad Alta color café
		99	4-150								100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	44.6	Arcilla de Plasticidad media a alta color rojo.
4+735	48	100	0-50	L.C. 1.10 MTS	100	96	80	67	55	49	35	27	19	14	46	20	A-2-7(0)	19.1	Gravas con arcilla de plasticidad alta con arena color café claro.
		101	50-150	DER.							100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	42.6	Arcilla de plasticidad media a alta color café
4+835	49	102	0-5	L.C. 0.80 MTS	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	23.2	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café claro
		103	5-150	IZQ.							100	99	94	91	59	18	A-7-5(15)	45	Arcilla de plasticidad media a alta color café
4+935	50	104	0-4	L.C.	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	18.2	Gravas con Arcilla de plasticidad alta color café claro.
		105	4-150								100	92	80	72	56	17	A-7-5(13)	43.5	Arcilla con arena de plasticidad media a alta color café amarillento.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estada de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

LINEA, CAMINO REVESTIDO
29/10/2005
NOVIEMBRE 2005

Sondeos de:
Fecha de Sondeo:
Fecha de Ensayes:

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto: _____

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL	I.P	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	%	%			
5+035	51	106	0-55	0.90 MTS DER.	100	96	82	71	63	57	100	92	80	34	59	25	A-2-7(3)	22.2	Gravas con Arcilla de plasticidad alta color café claro
		107	55-150											72	56	17	A-7-5(13)	42.8	Arcilla de plasticidad media a alta con arena color café amarillento
5+135	52	108	0-4	L.C. 1.00 MTS IZQ.	100	96	82	71	63	57	100	92	80	34	59	25	A-2-7(3)	20.2	Gravas con Arcilla de plasticidad alta color café
		109	4-150								100	92	80	72	56	17	A-7-5(13)	38.6	Arcilla de plasticidad media a alta con arena color café amarillento
5+235	53	110	0-15	L.C.	100	96	80	67	55	49	35	27	19	14	46	20	A-2-7(0)	18.2	Gravas con arcilla de plasticidad alta, color café claro.
		111	15-150								100	99	97	96	67	25	A-7-5(18)	30.4	Arcilla de plasticidad alta color amarillento
5+335	54	112	0-5	0.90 MTS DER.	100	96	82	71	63	57	100	92	80	34	59	25	A-2-7(3)	21.8	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café claro.
		113	5-155								100	99	97	96	67	25	A-7-5(18)	43.2	Arcilla de plasticidad alta color amarillento
5+435	55	114	0-4	0.80 MTS IZQ.	100	94	77	70	61	57	53	49	43	39	48	17	A-7-5(2)	22.2	Arcilla con gravas y arena color café claro
		115	4-150								100	99	97	96	67	25	A-7-5(18)	44.2	Arcilla de plasticidad alta color amarillento
5+535	56	116	0-5	L.C.	100	94	77	70	61	57	53	49	43	39	48	17	A-7-5(2)	22.3	Gravas con arcillas de plasticidad alta color roja.
		117	5-150								100	99	97	96	67	25	A-7-5(18)	41.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)

Ingenieros Consultores

de la Estatua de Monrovia 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2665933/35 Fax: 2665934

Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	29/10/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
5+635	57	118	0-7	L.C. 1.80 DER	100	94	77	70	61	57	53	49	43	39	48	17	A-7-5(3)	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café	
		119	7-150															Arcilla de plasticidad alta color rojo.	
5+735	58	120	0-5	L.C. 0.90 MTS IZQ.	100	94	77	70	61	57	53	49	43	39	48	17	A-7-5(3)	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café	
		121	5-150															Arcilla de plasticidad alta color rojo.	
5+875	59	122	0-40	L.C.	100	93	80	67	53	47	36	29	21	17	37	13	A-2-6(0)	Gravas con limo con arcilla color café claro	
		123	40-150															Arcilla de plasticidad alta color rojo.	
5+975	60	124	0-7	L.C. 1.10 MTS DER.	100	93	80	67	53	47	36	29	21	17	37	13	A-2-6(0)	Gravas con limo y arcilla color café.	
		125	7-40																Arcilla de plasticidad alta color rojizo.
		126	40-150																
6+075	61	127	0-6	L.C. 1.10 MTS IZQ.	100	93	80	67	53	47	36	29	21	17	37	13	A-2-6(0)	Gravas con limo y arcilla color café claro.	
		128	6-150																Arcilla de plasticidad alta color rojizo.
6+175	62	129	0-10	L.C.	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café	
		130	10-150																Arcilla de plasticidad alta color rojo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)

Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2688174/76 ó 268833/35 Fax: 2688834

Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	30/10/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL	I.P	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
6+275	63	131	0-10	L.C. 1.90 MTS DER.	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	23.8	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café
		132	10-150								100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	42.6	Arcilla de plasticidad alta color café
6+375	64	133	0-5	L.C. 0.80 MTS IZQ.	100	96	80	67	55	49	35	27	19	14	46	20	A-2-7(0)	22.6	Gravas con arena y arcilla de plasticidad alta color café claro
		134	5-150								100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	40.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
6+475	65	135	0-15	L.C.	100	96	80	67	55	49	35	27	19	14	46	20	A-2-7(0)	20.8	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café claro.
		136	15-150								100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	45.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
6+575	66	137	0-20	L.C. 1.30 MTS DER.	93	87	80	74	67	62	59	55	48	44	50	16	A-7-5(4)	27.1	Arcilla de plasticidad media con gravas gruesa a finas color café
		138	20-150								100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	43.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
6+675	67	139	0-25	L.C. 1.60 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	16.8	Gravas con arcilla y arena color café claro
		140	25-150								100	95	89	87	51	18	A-7-5(13)	40.9	Arcilla de plasticidad alta color rojiza
6+775	68	141	0-12	L.C.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	15.3	Gravas con arcilla y arena color café claro
		142	12-150								100	95	89	87	51	18	A-7-5(13)	42.9	Arcilla de plasticidad media a alta color rojizo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	31/10/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										L.L. %	P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
6+875	69	143	0-10	L.C. 2.80 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	16.5	Gravas con arcillas y arena color café claro.
		144	10-150					100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	39.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo.			
6+975	70	145	0-10	L.C. 1.80 MTS IZQ.	100	96	82	71	63	57	45	40	36	34	59	25	A-2-7(3)	23.6	Gravas con arcilla de plasticidad alta
		146	10-150					100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	40.9	Arcilla de plasticidad alta color rojizo			
		147	0-12		90	76	60	51	44	39	24	22	20	19	55	22	A-2-7(1)	22	Gravas gruesas a finas con arcilla de plasticidad alta color café claro.
7+075	71	148	12-150	L.C.							100	92	87	84	61	21	A-7-5(16)	44.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
7+180	72	149	0-22	L.C. 2.00 MTS DER.	82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	16	Gravas gruesas a finas con arcilla y arena color gris claro.
		150	22-150							100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	32.2	arcilla de plasticidad alta color rojizo.	
7+270	73	151	0-7	L.C. 1.60 MTS IZQ.	82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	14	Gravas gruesas a finas con arcilla y arena color gris claro.
		152	7-150							100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	39.8	Arcilla de plasticidad alta color rojizo	
7+370	74	153	0-5	L.C.	82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	15.8	Gravas gruesas a finas con arcilla y arena color café claro.
		154	5-150							100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	41.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo.	

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 266833/35 Fax: 2665834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	01/11/2005
Ciente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL	I.P	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	%	%			
7+471	75	155	0-8	L.C. 1.45 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	18.2	Gravas con arcilla y arena color café claro
		156	8-150								100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	44	Arcilla de plasticidad alta color rojo
7+597	76	157	0-42	L.C. 1.95 MTS IZQ.	82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	14.6	Gravas gruesas a fina con arcilla y arena color gris claro.
		158	42-150								100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	45.1	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
7+670	77	159	0-16		82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	22.7	Gravas gruesas a fina con arcilla y arena color café claro
		160	16-50	L.C.	100	91	78	71	61	55	45	36	28	25	39	10	A-2-4(0)	18	Gravas finas y gruesas con limo y arcilla y arena color café claro.
		161	50-150								100	99	92	85	54	20	A-7-5(15)	37.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
7+771	78	162	0-10	L.C. 1.0 MTS DER.	82	67	50	43	39	30	22	17	13	11	33	12	A-2-6(0)	15.1	Gravas gruesas a fina con arcilla y arena café claro.
		163	10-150								100	97	89	83	49	19	A-7-5(13)	41.9	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
7+870	79	164	0-150	L.C. 1.60 MTS IZQ.							100	97	89	83	49	19	A-7-5(13)	38.9	Arcilla de plasticidad media a alta color rojo.
7+969	80	165	0-5	L.C. 2.0 MTS IZQ.	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	28.6	Gravas gruesas a finas con arcilla de plasticidad alta color café
		166	5-150								100	97	89	83	49	19	A-7-5(13)	41.6	Arcilla de plasticidad media a alta color rojo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 o 266583335 Fax: 26658334
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

LINEA, CAMINO REVESTIDO

01/11/2005

NOVIEMBRE 2005

Sondeos de:

Fecha de Sondeo:

Fecha de Ensayes:

Proyecto: Estudio y Diseño

Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas

Cliente: MTI

Dueño del Proyecto:

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL I.P.	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				
8+055	81	167	0-10	L.C. 1.95 MTS DER.	91	75	67	60	53	51	100	97	89	83	49	19	32.1	Gravas gruesas a finas con arcilla de plasticidad alta color café claro
		168	10-150												49	19	12.8	Arcilla de plasticidad media a alta color rojo.
8+155	82	169	0-18	L.C. 2.10 MTS IZQ.	91	75	67	60	53	51	100	99	92	85	49	19	29.6	Gravas gruesas a finas con arcilla de plasticidad alta color café claro
		170	18-150								100	99	92	85	54	20	44.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
8+254	83	171	0-40	L.C. 1.0 MTS IZQ.	94	89	83	76	63	56	43	34	23	19	34	10	12.8	Gravas finas a gruesas con arena y limo con arcilla color café claro.
		172	40-150								100	99	92	85	54	20	40.3	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
8+384	84	173	0-15	L.C. 2.20 MTS DER.	91	75	67	60	53	51	100	99	92	85	49	19	26.5	Gravas gruesas con arcilla de plasticidad alta color café claro
		174	15-150								100	99	92	85	54	20	42.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
8+483	85	175	0-8	L.C. 1.60 MTS IZQ.	94	89	83	76	63	56	43	34	23	19	34	10	15.3	Gravas finas a gruesas con arcilla y arena limosa color café claro.
		176	8-150								100	99	92	85	54	20	44.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.
8+583	86	177	0-6	L.C. 1.0 MTS IZQ.	91	75	67	60	53	51	100	96	88	82	49	19	27.5	Gravas gruesas con arcilla de plasticidad media a alta color café claro
		178	6-150								100	96	88	82	59	22	37.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174176 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

LINEA, CAMINO REVESTIDO
01/11/2005
NOVIEMBRE 2005

Sondeos de:
Fecha de Sondeo:
Fecha de Ensayes:

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto:

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz											L.L. %	I.P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200						
8+683	87	179	0-12	L.C. 2.30 MTS DER.	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	31.5	Gravas gruesa con arcilla de plasticidad media a alta color gris claro	
		180	12-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	42.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo.			
8+783	88	181	0-4	L.C.	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	28.3	Gravas con arcilla de plasticidad alta color café claro.	
		182	4-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	43.8	Arcilla de plasticidad alta			
8+884	89	183	0-4	L.C. 1.00 MTS IZQ.							100	97	89	83	49	19	A-7-5(13)	39.8	Arcilla de plasticidad media a alta color café	
		184	4-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	42.6	Arcilla de plasticidad alta color rojo			
8+984	90	185	0-8	L.C. 0.60 MTS DER	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	31.6	Gravas con arcilla de plasticidad media a alta color café	
		186	8-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	45.2	Arcilla de plasticidad alta color rojo			
9+084	91	187	0-6	L.C.	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	28.6	Gravas con arcilla de plasticidad media a alta color café	
		188	6-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	41.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo			
9+183	92	189	0-10	L.C.	91	75	67	60	53	51	48	45	41	39	49	19	A-7-5(3)	29.8	Gravas gruesas con arcilla de plasticidad media a alta color gris claro.	
		190	10-150						100	96	88	82	59	22	A-7-5(17)	43.6	Arcilla de plasticidad alta color café			

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sito: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto: _____

Sondeos de: LINEA, CAMINO REVESTIDO
Fecha de Sondec: 1-11-05 y 02-11-05
Fecha de Ensayes: NOVIEMBRE 2005

Estación	Sondeo	Muestra	Profund	Desv.	% que pasa por Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación	Humedad	Característica
Kms	Nº	Nº	cms	mts	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	%	%	H.R.B	Natural	del Material
9+280	93	191	0-150	L.C. 0.40 MTS DER.	100	98	89	82	70	63	50	38	28	24	59	22	A-7-5(17)	44	Arcilla de plasticidad alta color café
9+383	94	192 193	0-26 26-150	L.C. 2.00 MTS IZQ.	100	98	89	82	70	63	50	38	28	24	30	8	A-2-4(0)	13.6	Grava fina a gruesa con arena y limo color café claro
9+483	95	194 195	0-16 16-150	L.C.	100	98	89	82	70	63	50	38	28	24	62	22	A-7-5(17)	42.8	Arcilla de plasticidad alta color rojo
9+573	96	196 197	0-4 4-150	L.C. 0.4 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	15.6	Grava fina a gruesa con arena y limo color café claro
9+682	97	198 199	0-5 5-150	L.C. 1.0 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	62	22	A-7-5(17)	45.2	Arcilla de plasticidad alta color rojo
9+780	98	200 201	0-8 8-150	L.C.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	16.3	Gravas con arcilla de plasticidad media color café claro.
											100	97	89	85	62	22	A-7-5(17)	41.9	Arcilla de plasticidad alta color café amarillento
											100	99	95	88	59	19	A-7-5(15)	15.6	Gravas con arcilla de plasticidad media color café
											100	99	95	88	59	19	A-7-5(15)	40.8	Arcilla de plasticidad alta color café
											100	99	95	88	59	19	A-7-5(15)	21.9	Gravas con arcilla de plasticidad media color café
											100	99	95	88	59	19	A-7-5(15)	41.5	Arcilla de plasticidad alta color café

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685633/35 Fax: 2685634
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	02/11/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
9+875	99	202	0-17	L.C. 2.30 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	100	99	95	88	40	15	A-7-6(0)	14.5	Gravas con arcilla de plasticidad media color gris claro.
		203	17-150												59	19	A-7-5(15)	39.8	Arcilla de Plasticidad alta color café
9+834	100	204	0-22	L.C. 3.00 MTS IZQ.	97	80	65	53	43	39	100	97	89	85	33	9	A-2-4(0)	15.9	Gravas con arena y limo color café claro
		205	22-150								100	97			62	22	A-7-5(17)	38.3	Arcilla de plasticidad alta color café amarillento
10+047	101	206	0-10	L.C. 10.0 MTS DER.	97	80	65	53	43	39	100	97	89	85	33	9	A-2-4(0)	14.1	Gravas con arena y limo color café claro
		207	10-150								100	97			62	22	A-7-5(17)	40.9	Arcilla de plasticidad alta color rojiza
10+157	102	208	0-18	L.C. 11.00 MTS DER.	97	80	65	53	43	39	100	97	89	85	33	9	A-2-4(0)	14.8	Gravas con arena y limo color café claro
		209	18-30		100	93	85	82	75	71	61	54	44	37	38	10	A-4(0)	20.9	Gravas con limo arcilla y arena color café
		210	30-150								100	97	89	85	62	22	A-7-5(17)	43.5	Arcilla de plasticidad alta color roja
10+250	103	211	0-10	L.C. 3.00 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	100	97	89	85	40	15	A-2-6(0)	15.3	Gravas con arcilla de plasticidad media color gris claro.
		212	10-150								100	97			62	22	A-7-5(17)	42.6	Arcilla de plasticidad alta color café amarillento

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estación de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto:	Estudio y Diseño	Sondeos de:	LINEA, CAMINO REVESTIDO
Tramo/Sitio:	Nueva Guinea - Naciones Unidas	Fecha de Sondeo:	02/11/2005
Cliente:	MTI	Fecha de Ensayes:	NOVIEMBRE 2005
Dueño del Proyecto:			

Estación Kms	Sondeo Nº	Muestra Nº	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										LL %	I.P %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material	
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200						
10+350	104	213	0-4	L.C. 1.0 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	15.2	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR CAFÉ CLARO	
		214	4-100									100	97	89	85	62	22	A-7-5(17)	43.6	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR CAFÉ
		215	100-150									100	97	92	87	45	20	A-7-6(13)	57.8	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR AMARILLENTO
10+450	105	216	0-5	L.C.	97	80	65	53	43	39	32	26	19	13	33	9	A-2-4(0)	14.9	GRAVAS CON ARENA Y LIMO COLOR CAFÉ CLARO	
		217	5-150									100	97	89	85	62	22	A-7-5(17)	43	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR CAFÉ AMARILLENTO
10+572	106	218	0-18	L.C.	100	96	86	72	63	44	33	27	21	18	32	10	A-2-4(0)	15.8	GRAVAS CON LIMO CON ARCILLA Y ARENA COLOR CAFÉ CLARO	
		219	18-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	34.7	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJISA	
10+650	107	220	0-14	L.C. 1.00 MTS IZQ.	100	98	86	72	63	44	33	27	21	18	32	10	A-2-4(0)	14.3	GRAVAS CON LIMO Y ARCILLA Y ARENA COLOR CAFÉ	
		221	14-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	39.6	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO	
10+755	108	222	0-5	L.C. 1.00 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-6(0)	14.9	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR CAFÉ	
		223	5-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	41.9	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR CAFÉ	
10+856	109	224	0-28	L.C. 1.00 MTS DER.	100	74	63	45	38	27	21	15	12	34	10	A-2-4(0)	14.5	GRAVAS CON LIMO, ARENA Y ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO		
		225	28-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	43	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO.	

de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 266817476 ó 2665833/35 Fax: 2665834
Managua, Nicaragua

RESULTADO DE ENSAYES DE SUELO

Proyecto: Estudio y Diseño
Tramo/Sitio: Nueva Guinea - Naciones Unidas
Cliente: MTI
Dueño del Proyecto: _____

Sondeos de: LINEA, CAMINO REVESTIDO
Fecha de Sondeo: 02/11/2005
Fecha de Ensayes: NOVIEMBRE 2005

Estación Kms	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. mts	% que pasa por Tamiz										L.L. %	I.P. %	Clasificación H.R.B	Humedad Natural	Característica del Material
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					
10+956	110	226	0-10	L.C. 1.85 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-5(0)	13.7	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA Y ARENA COLOR CAFÉ
		227	10-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	41.9	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR CAFÉ
11+056	111	228	0-30	L.C. 1.0 MTS IZQ.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-5(0)	17.1	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA Y ARENA COLOR GRIS CLARO
		229	30-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	13.7	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR CAFÉ AMARILLENTO
11+157	112	230	0-14	L.C. 0.60 MTS DER.	100	94	78	65	50	41	27	19	15	13	40	15	A-2-5(0)	16.2	GRAVAS CON ARCILLA DSE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA COLOR CAFÉ CLARO
		231	14-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	42.6	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO
11+250	113	232	0-5	L.C. 1.50 MTS IZQ.	90	82	66	53	46	42	34	31	28	26	51	16	A-2-7(1)	15.3	GRAVAS GRUESAS A FINAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR CAFÉ CLARO
		233	5-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	39.9	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO
11+382	114	234	0-4	L.C. 1.30 MTS IZQ.	90	82	66	53	46	42	34	31	28	26	51	16	A-2-7(1)	16.8	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR CAFÉ
		235	4-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	40.6	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO
11+482	115	236	0-10	L.C. 2.50 MTS DER.	89	88	49	45	35	30	21	18	14	11	35	15	A-2-5(0)	16.1	GRAVAS CON ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA Y ARENA CON POCO FINO COLOR GRIS CLARO
		237	10-150								100	97	84	77	56	20	A-7-5(15)	38.7	ARCILLA DE PLASTICIDAD ALTA COLOR ROJO

ANEXO III-C: RESULTADOS DE LOS ENSAYES CBR DE SONDEOS DE LINEA.

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No.
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 17-Ene-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

De los sondeos de Línea. El material de la muestra unificadas
Clasificación A-2-4(0)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	46	36	28	24	20	18

LIMITE LIQUIDO	37	INDICE DE PLASTICIDAD:	10
CLASIFICACION H.R.B	A-2-4(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:	

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR T-99		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,975		
HUMEDAD OPTIMA %	14.00%		

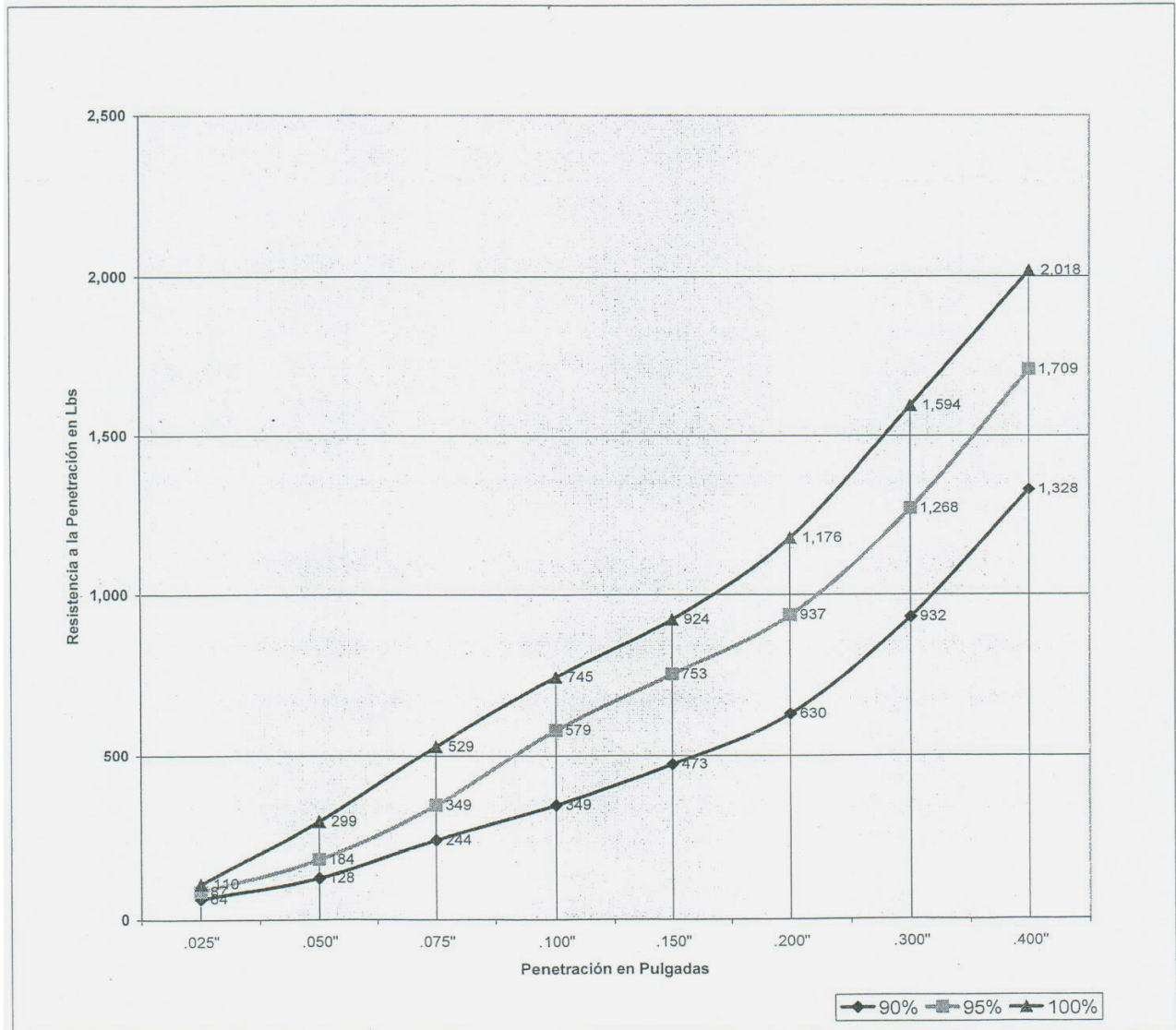
PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,781.00	1,882.00	1,975.00
C.B.R. SATURADO	26.00	42.00	56.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:	
El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas	
El material es grava con arena, limo y arcilla	

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.20%	26.00	0.0000
95.30%	42.00	0.0000
100.00%	56.00	0.0000

Corea y Asociados S.A

Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35

Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO

TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

ENSAYE No.

MUESTRA No.

COTEJO:

FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 07-Ene-06

EFFECTUADO POR: J. DUARTE

CALCULO: J. DUARTE

De los sondeos de Línea. El material de la muestra unificadas

Clasificación A-2-6(0)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	57	43	33	26	19	16

LIMITE LIQUIDO	36	INDICE DE PLASTICIDAD:		12
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR T-99		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,928		
HUMEDAD OPTIMA %	11.50%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,737.00	1,831.00	1,922.00
C.B.R. SATURADO	23.00	38.00	49.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas

El material es grava con arena y arcilla de plasticidad baja.



Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2688174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO

TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea

Fecha: 07/01/2006

CLASIFICACION:

A-2-6(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

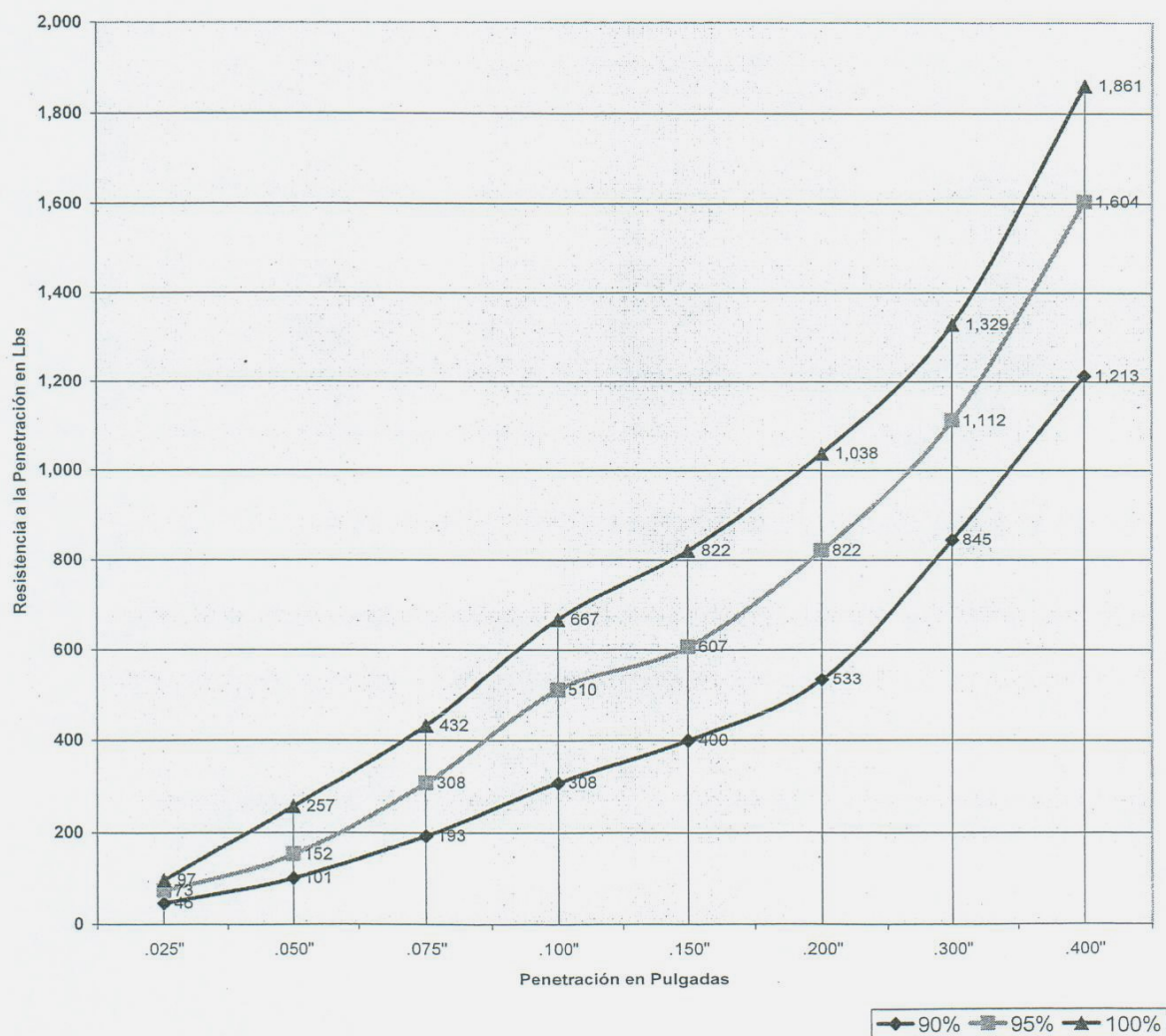
[illegible]

OBSERVACIONES

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.10%	23.00	0.0000
95.00%	38.00	0.0000
99.70%	49.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores
De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No.
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 11-Ene-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

De los sondeos de Línea. El material de la muestra unificadas
Clasificación A-2-7(0)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	41	28	20	18	15	14

LIMITE LIQUIDO	46	INDICE DE PLASTICIDAD:		20
CLASIFICACION H.R.B	A-2-7(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,880		
HUMEDAD OPTIMA %	15.50%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,703.00	1,793.00	1,889.00
C.B.R. SATURADO	20.00	33.00	45.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:
El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas
El material es grava gruesa a fina con arcilla de plasticidad media a alta.



Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO

TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea

Fecha: 11/01/2006

CLASIFICACION: A-2-7(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

[illegible]

OBSERVACIONES

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas

El material es grava gruesa a fina con arcilla de plasticidad media a alta.

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 24,49,56,59,65,69,73,92
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 19-Ene-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

De los sondeos de Línea. El material de la muestra unificadas
Clasificación A-7-5(13) Índice de Grupo de 9 al 15

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	79	75	70	66	60	56

LIMITE LIQUIDO	51	INDICE DE PLASTICIDAD:		20
CLASIFICACION H.R.B	A-7-5(13)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR T-99C		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,502		
HUMEDAD OPTIMA %	30.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,342.00	1,419.00	1,497.00
C.B.R. SATURADO	4.00	7.00	11.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas
Índice de grupo de 9 al 15

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO	
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS	
Sondeos en:	Línea
Fecha :	19/01/2006
CLASIFICACION: A-7-5(13)	

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

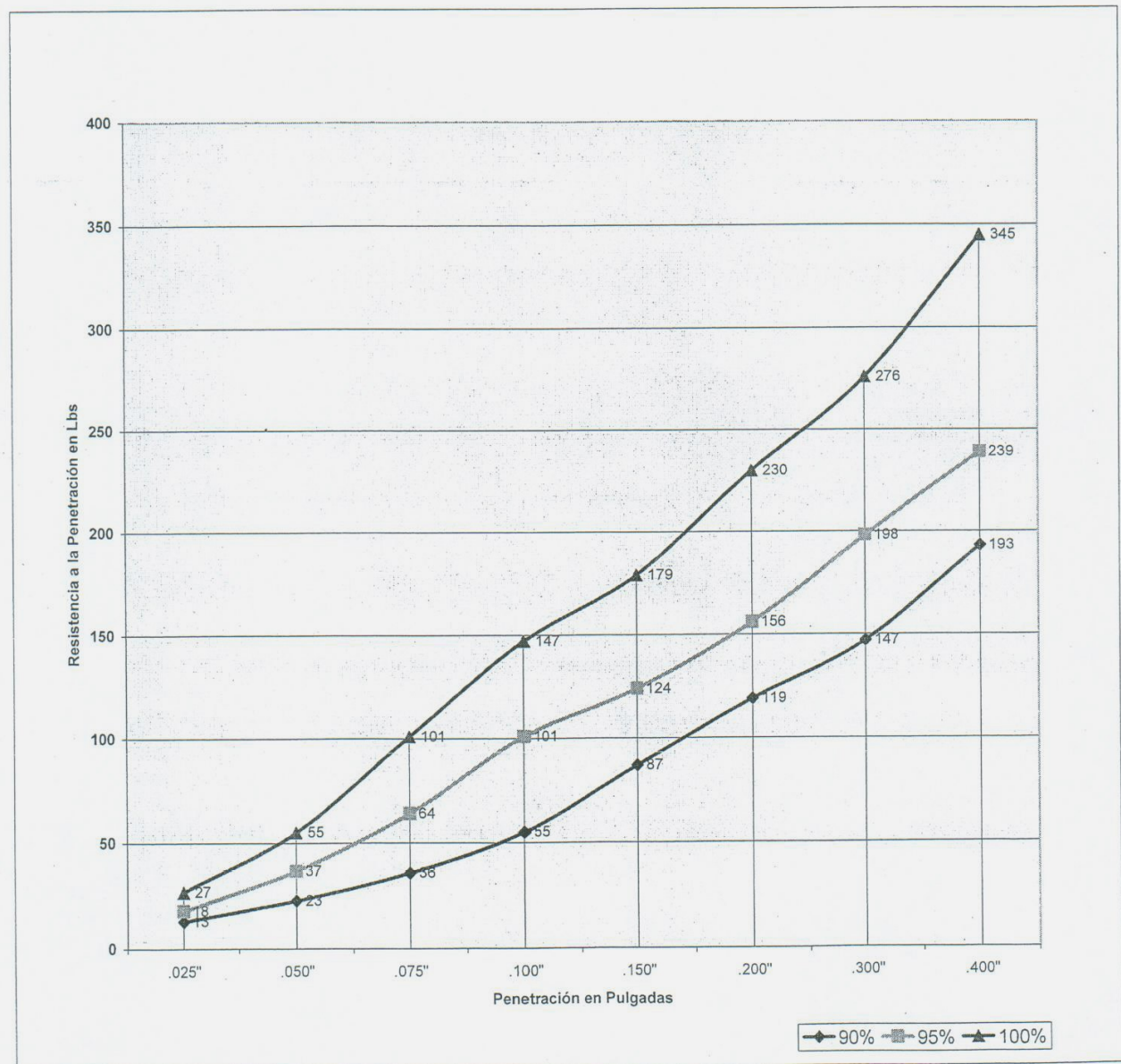
Ensaye N°	Grupo	% de Compact. Reproduc	Tipo Compact. Usado	RESISTENCIA A LA PENETRACION KGS.								C.B.R. A PENETRACION DE:		
				.025"	.050"	.075"	.100"	.150"	.200"	.300"	.400"	0.1"	0.2"	C.B.R.
				3	5	8	12	19	26	32	42			
		89.40%	90	13	23	36	55	87	119	147	193			
				0.06	0.11	0.18	0.28	0.44	0.6	0.74	0.97	4.05	5.82	4.00
		94.50%	95	4	8	14	22	27	34	43	52			
				18	37	64	101	124	156	198	239			
				0.09	0.18	0.32	0.51	0.62	0.79	1.00	1.21	7.39	7.67	7.00
		99.70%	100	6	12	22	32	39	50	60	75			
				27	55	101	147	179	230	276	345			
				0.14	0.28	0.51	0.74	0.91	1.16	1.39		10.8	11.31	11.00

OBSERVACIONES

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas
Índice de grupo de 9 al 15

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
89.40%	4.00	0.0000
94.50%	7.00	0.0000
99.70%	11.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No.
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 13-Ene-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

De los sondeos de Línea. El material de la muestra unificadas
Clasificación A-7-5(18) Indice de Grupo de 16 al 20

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA			100	98	94	92

LIMITE LIQUIDO	62	INDICE DE PLASTICIDAD:		26
CLASIFICACION H.R.B	A-7-5(18)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR T-99C		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,272		
HUMEDAD OPTIMA %	42.60%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,146.00	1,203.00	1,274.00
C.B.R. SATURADO	3.00	4.00	7.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas
Indice de grupo de 16,17,18,19 y 20

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 26685833/35 Fax: 26685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea

Fecha : 13/01/2006

CLASIFICACION: A-7-5(18)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

Ensaye N°	Grupo	% de Compact. Reproduc	Tipo Compact. Usado	RESISTENCIA A LA PENETRACION KGS.								C.B.R. A PENETRACION DE:			
				.025"	.050"	.075"	.100"	.150"	.200"	.300"	.400"	0.1"	0.2"	0.4"	C.B.R.
				1	3	5	8	13	18	28	37				
		90.10%	90	4	14	23	37	60	83	129	170				
				0.02	0.07	0.11	0.18	0.3	0.42	0.65	0.86	2.70	4.07		3.00
		94.60%	95	2	5	8	12	18	26	38	50				
				9	23	37	55	83	119	175	230				
				0.04	0.11	0.19	0.28	0.41	0.60	0.88	1.16	4.05	5.88		4.00
		100.20%	100	3	8	15	21	28	35	53	64				
				14	37	69	96	129	161	244	294				
				0.07	0.18	0.35	0.49	0.65	0.81	1.23	1.49	7.1	7.86		7.00

OBSERVACIONES

El material es procedente de los sondeos de línea en las muestras unificadas
Índice de grupo de 16,17,18,19 y 20

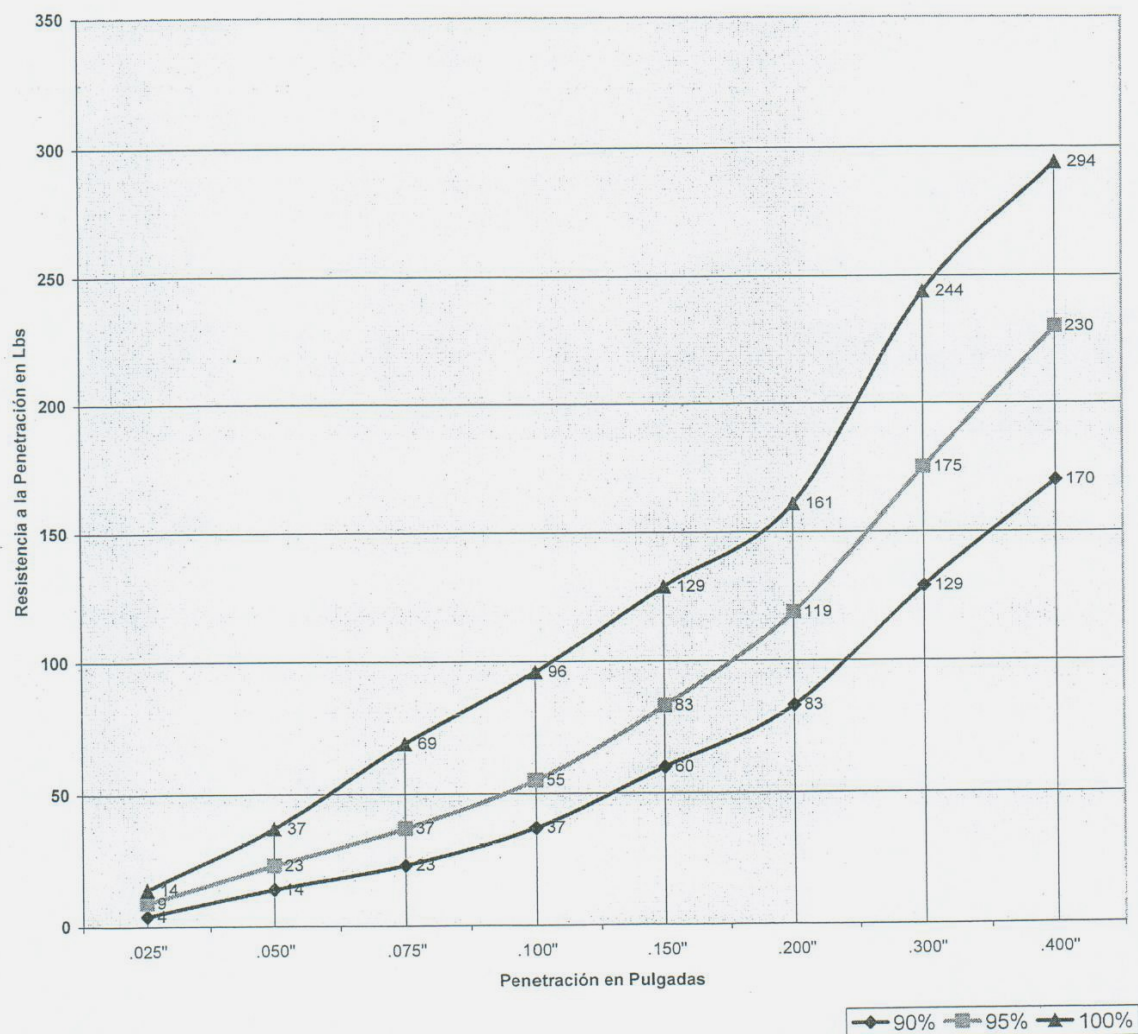
Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834

Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.10%	3.00	0.0000
94.60%	4.00	0.0000
100.20%	7.00	0.0000

ANEXO III-D: RESULTADOS DE LOS ENSAYES CBR DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No.
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 02-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°1 La Laguna

De la Estación 2+600 a 2.4 km hacia camino La Fonseca y 300 mts Lado Izq.

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	63	41	29	20	11	7

LIMITE LIQUIDO	39	INDICE DE PLASTICIDAD:		11
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,936		
HUMEDAD OPTIMA %	11.80%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,742.00	1,843.00	1,937.00
C.B.R. SATURADO	23.00	43.00	60.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:
El material es procedente del banco 1 La Laguna
El material es grava con arena y arcilla limosa

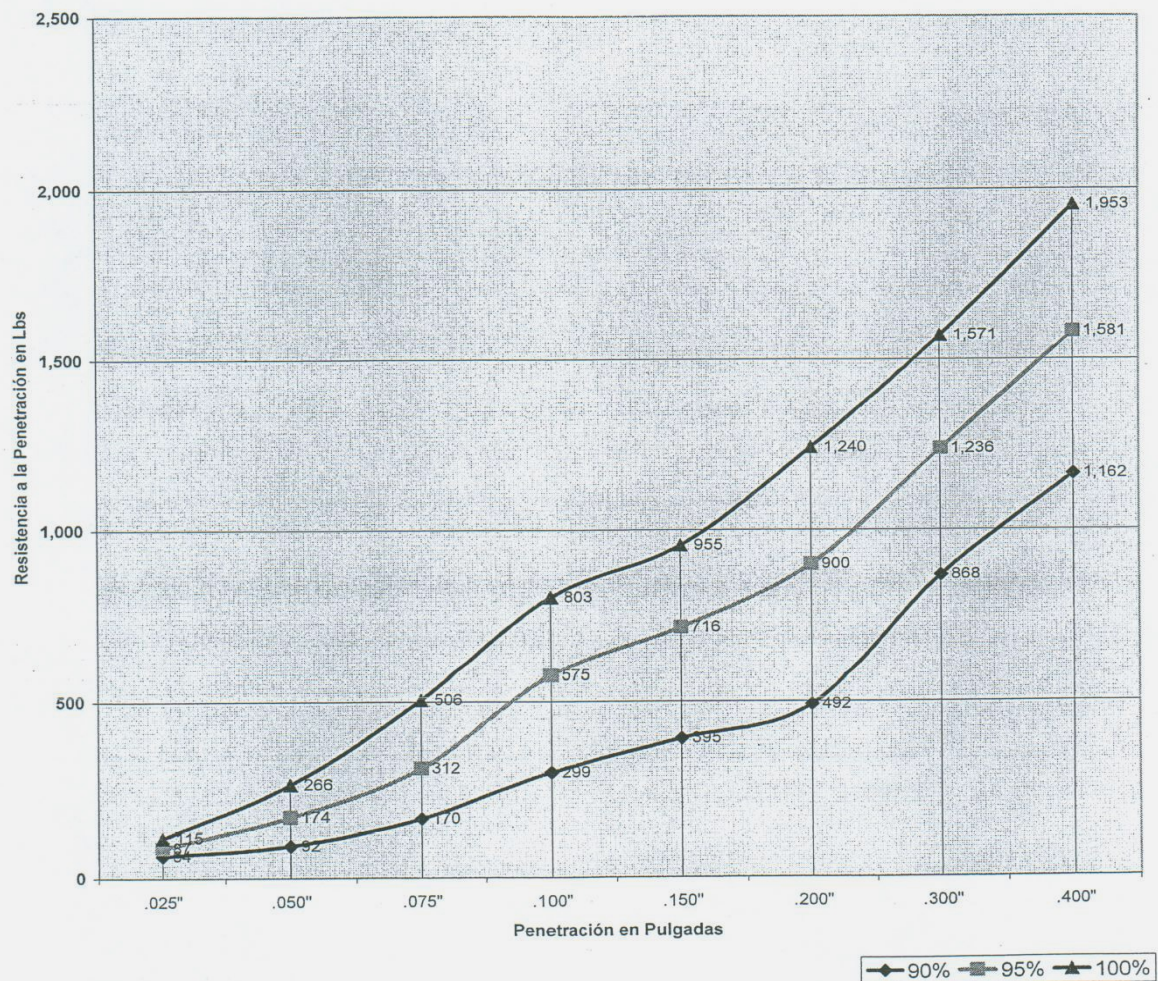
Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834

Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.20%	23.00	0.0000
95.20%	43.00	0.0000
100.10%	60.00	0.0000

Corea y Asociados S.A

Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35

Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO

TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

ENSAYE No.

MUESTRA No. 1,3

COTEJO:

FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 03-Feb-06

EFFECTUADO POR: J. DUARTE

CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°1-A

De la Estación 1+100 empalme El Verdum a 8,850 mts hacia La Unión y 250 mts

Izquierda (El Sabalo)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	48	37	29	24	15	10

LIMITE LIQUIDO	39	INDICE DE PLASTICIDAD:		11
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	2,010		
HUMEDAD OPTIMA %	10.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,823.00	1,919.00	1,997.00
C.B.R. SATURADO	25.00	40.00	50.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

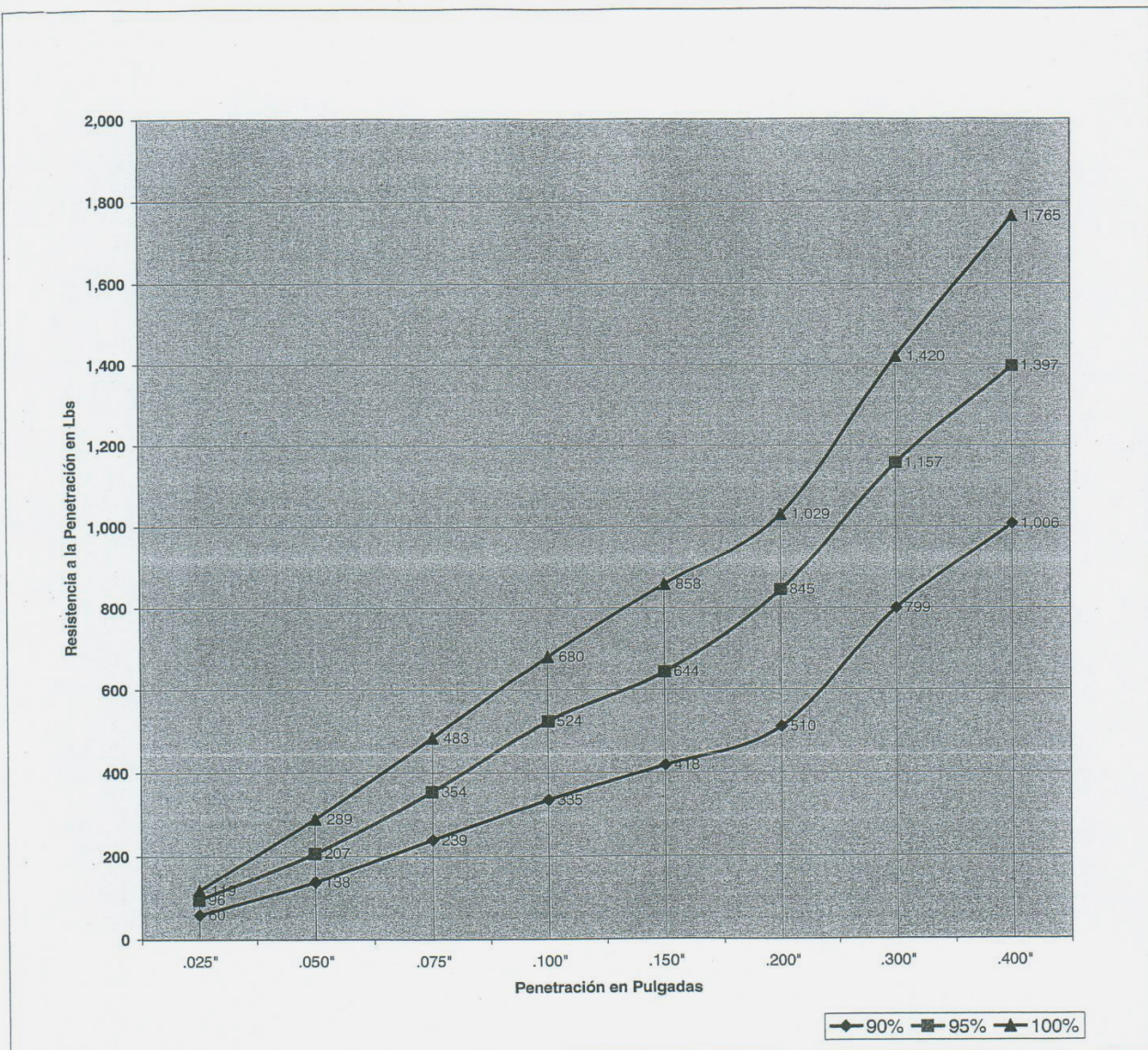
El material es procedente del banco 1-A

El material es grava fina a gruesa de consistencia semidura con arena y arcilla color caé rojiso con pintas blancas.

Dueño: Bayardo Díaz

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.70%	25.00	0.0000
95.50%	40.00	0.0000
99.40%	50.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No.
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 02-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°2
De la Estación 3+650 l.c. 220 mts l.zq.

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	53	33	23	18	14	10

LIMITE LIQUIDO	39	INDICE DE PLASTICIDAD:		12
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,970		
HUMEDAD OPTIMA %	12.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,776.00	1,877.00	1,972.00
C.B.R. SATURADO			
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:
El material es procedente del banco 2
El material es grava con arena y arcilla de plasticidad baja color café claro.



Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea
Fecha: 02/02/2006

CLASIFICACION: A-2-6(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

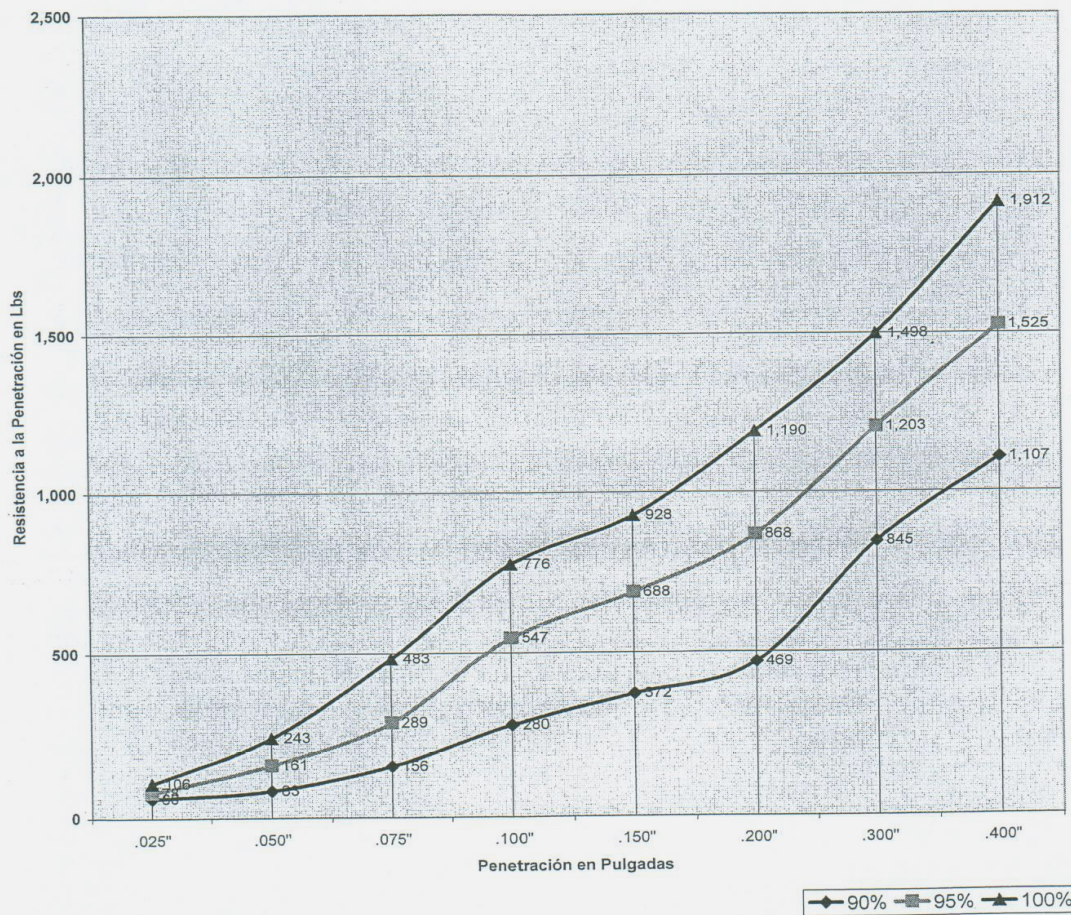
[illegible]

OBSERVACIONES

El material es procedente del banco 2

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.20%	0.00	0.0000
95.30%	0.00	0.0000
100.10%	0.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 1,2,3,6,9
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 03-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°3
De la Estación 4+620 y 160 mts Derecho

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	46	27	17	11	7	(5)

LIMITE LIQUIDO	33	INDICE DE PLASTICIDAD:		10
CLASIFICACION H.R.B	A-2-4(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	2,057		
HUMEDAD OPTIMA %	10.80%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,843.00	1,941.00	2,046.00
C.B.R. SATURADO	26.00	46.00	64.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:
El material es procedente del banco 3
El material es gravas gruesa a fina con poco fino y arena con limo y arcilla color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea

Fecha : 03/02/2006

CLASIFICACION: A-2-4(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

Ensaye N°	Grupo	% de Compact. Reproduc	Tipo Compact. Usado	RESISTENCIA A LA PENETRACION KGS.								C.B.R. A PENETRACION DE:		
				.025"	.050"	.075"	.100"	.150"	.200"	.300"	.400"	0.1"	0.2"	C.B.R.
				14	24	42	74	94	117	188	248			
		89.60%	90	64	110	193	340	432	538	881	1157			
				0.32	0.55	0.98	1.72	2.19	2.72	4.46	5.86	24.92	26.40	26.00
		94.40%	95	19	43	70	132	166	206	373	346			
				87	198	322	607	780	964	1272	1608			
				0.44	1.00	1.63	3.07	3.95	4.88	6.44	8.15	44.49	47.37	46.00
		99.50%	100	25	61	113	180	223	284	356	452			
				115	280	520	845	1042	1323	1654	2096			
				0.58	1.42	2.63	4.28	5.28	6.70	8.38	10.62	62.02	65.04	64.00

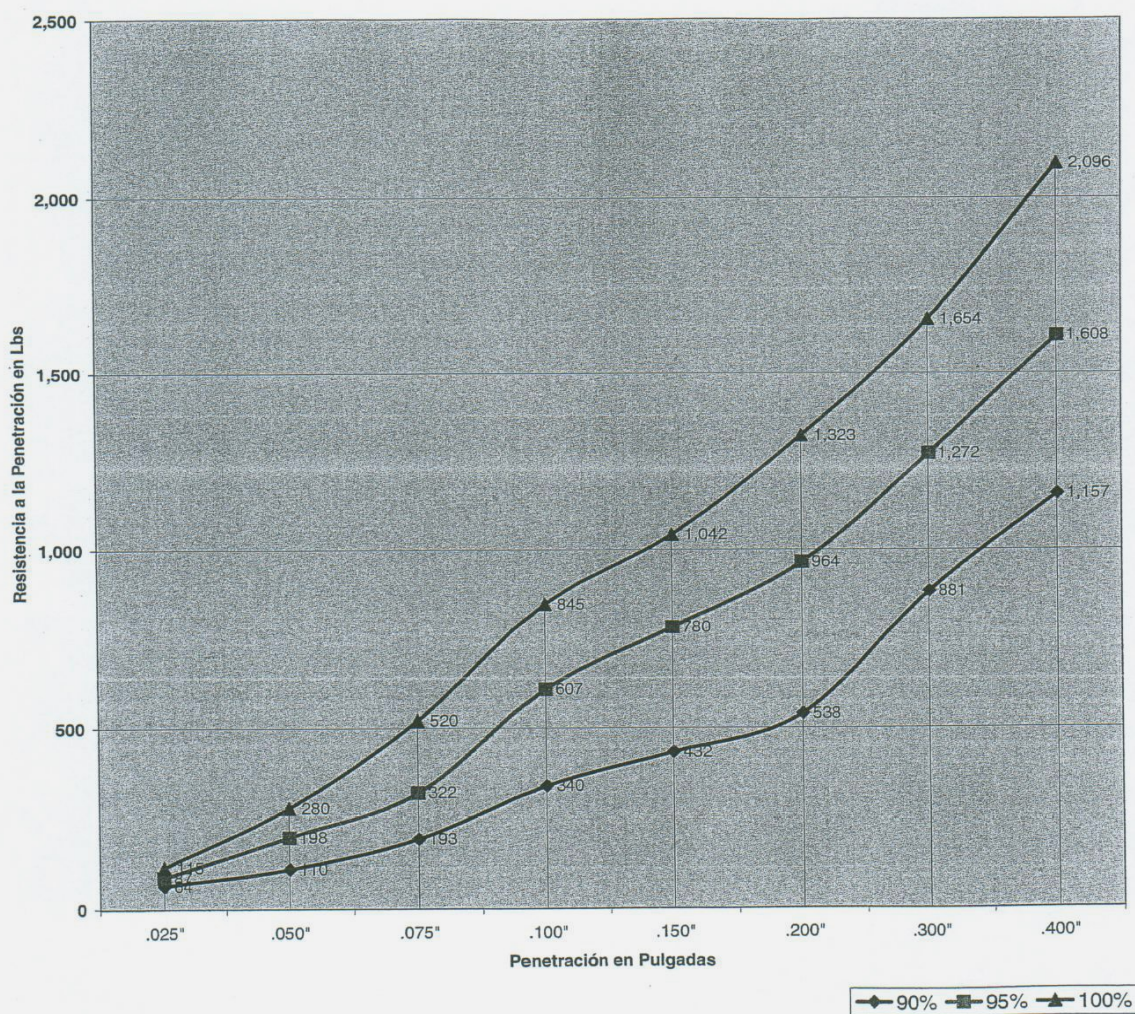
OBSERVACIONES

El material es procedente del banco 3
El material es gravas gruesa a fina con poco fino y arena con limo y arcilla color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 / 2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
89.60%	26.00	0.0000
94.40%	46.00	0.0000
99.50%	64.00	0.0000



PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO	
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS	
Sondeos en: Línea	
Fecha :	02/02/2006
CLASIFICACION:	A-2-4(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

[illegible]

OBSERVACIONES

El material es procedente del banco 4

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)

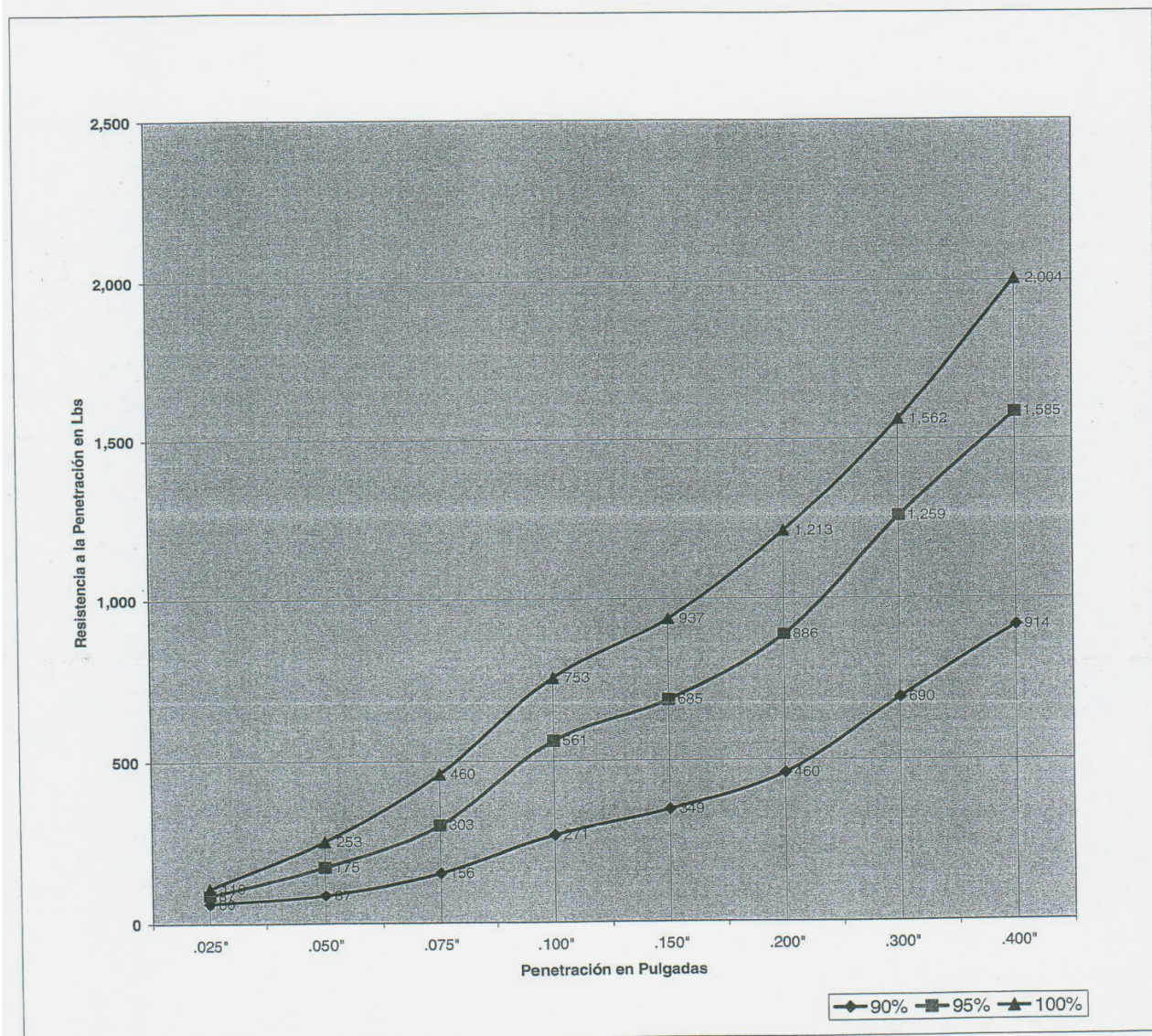
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834

Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.40%	21.00	0.0000
95.00%	42.00	0.0000
100.30%	57.00	0.0000

Corea y Asociados S.A

Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35

Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO

TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

ENSAYE No.

MUESTRA No.1,2,3,4,5

COTEJO:

FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 03-Feb-06

EFFECTUADO POR: J. DUARTE

CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°5 La Casajera

De la Estación 23+670 o del sondeo N°239 a 1,320 mts Der.

Dueño : Ermógenes Horte .

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	41	25	18	13	9	8

LIMITE LIQUIDO	36	INDICE DE PLASTICIDAD:		10
CLASIFICACION H.R.B	A-2-4(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,948		
HUMEDAD OPTIMA %	8.40%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

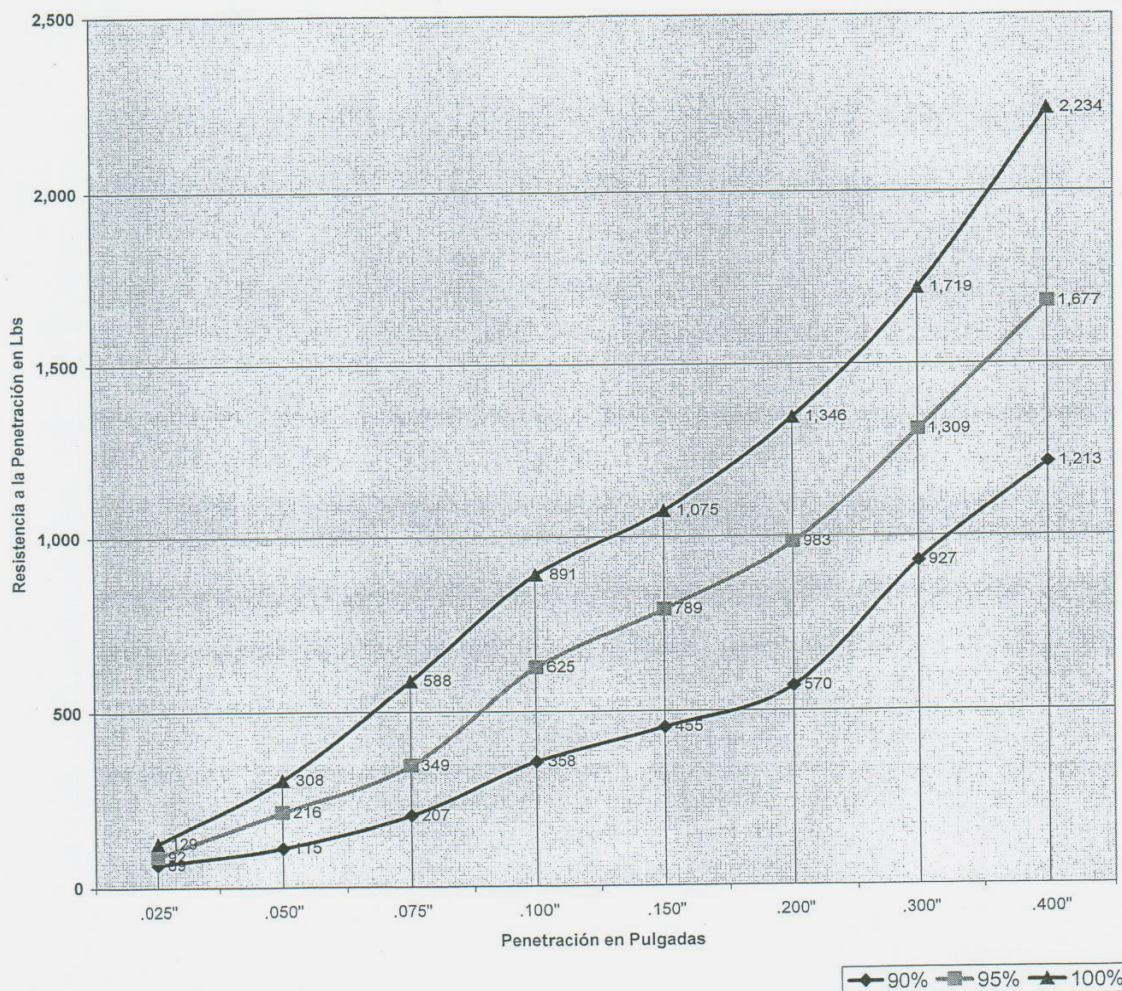
METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,762.00	1,856.00	1,940.00
C.B.R. SATURADO	27.00	46.00	66.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:
El material es procedente del banco 5 La Casajera.
El material es grava gruesa a fina de consistencia dura con arena, limo y arcilla color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua.

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.50%	27.00	0.0000
95.30%	46.00	0.0000
99.60%	66.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 2 Y 4
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 13-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°6
De la Estación 15+820 o 3,500 mts Lado Izq. Acceso en M/E

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	34	24	20	17	15	13

LIMITE LIQUIDO	42	INDICE DE PLASTICIDAD:		16
CLASIFICACION H.R.B	A-2-7(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,884		
HUMEDAD OPTIMA %	13.40%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)			
C.B.R. SATURADO	22.00	38.00	58.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:	
El material es procedente del banco 6, Sondeos 1 y 2 , muestras 2 y 4	
El material es grava gruesa a fina semiduro con arena y arcilla de plasticidad media color gris claro.	
Dueño: Santiago Miranda	

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO	
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS	
Sondeos en:	Línea
Fecha :	13/02/2006
CLASIFICACION: A-2-7(0)	

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

Ensaye N°	Grupo	% de Compact. Reproduc	Tipo Compact. Usado	RESISTENCIA A LA PENETRACION KGS.								C.B.R. A PENETRACION DE:		
				.025"	.050"	.075"	.100"	.150"	.200"	.300"	.400"	0.1"	0.2"	C.B.R.
		89.50%	90	14	24	38	62	82	104	165	245			
				64	110	175	285	377	478	776	1144			
				0.32	0.56	0.88	1.44	1.91	2.42	3.93	5.79	20.87	23.49	22.00
		94.80%	95	19	36	60	110	128	168	248	350			
				84	165	276	506	589	789	1157	1627			
				0.44	0.83	1.40	2.56	2.98	4.00	5.86	8.24	37.10	38.83	38.00
		100.80%	100	26	53	104	166	210	260	358	467			
				119	289	478	780	983	1213	1663	2165			
				0.60	1.46	2.42	3.95	4.98	6.14	8.42	10.97	57.31	59.61	58.00

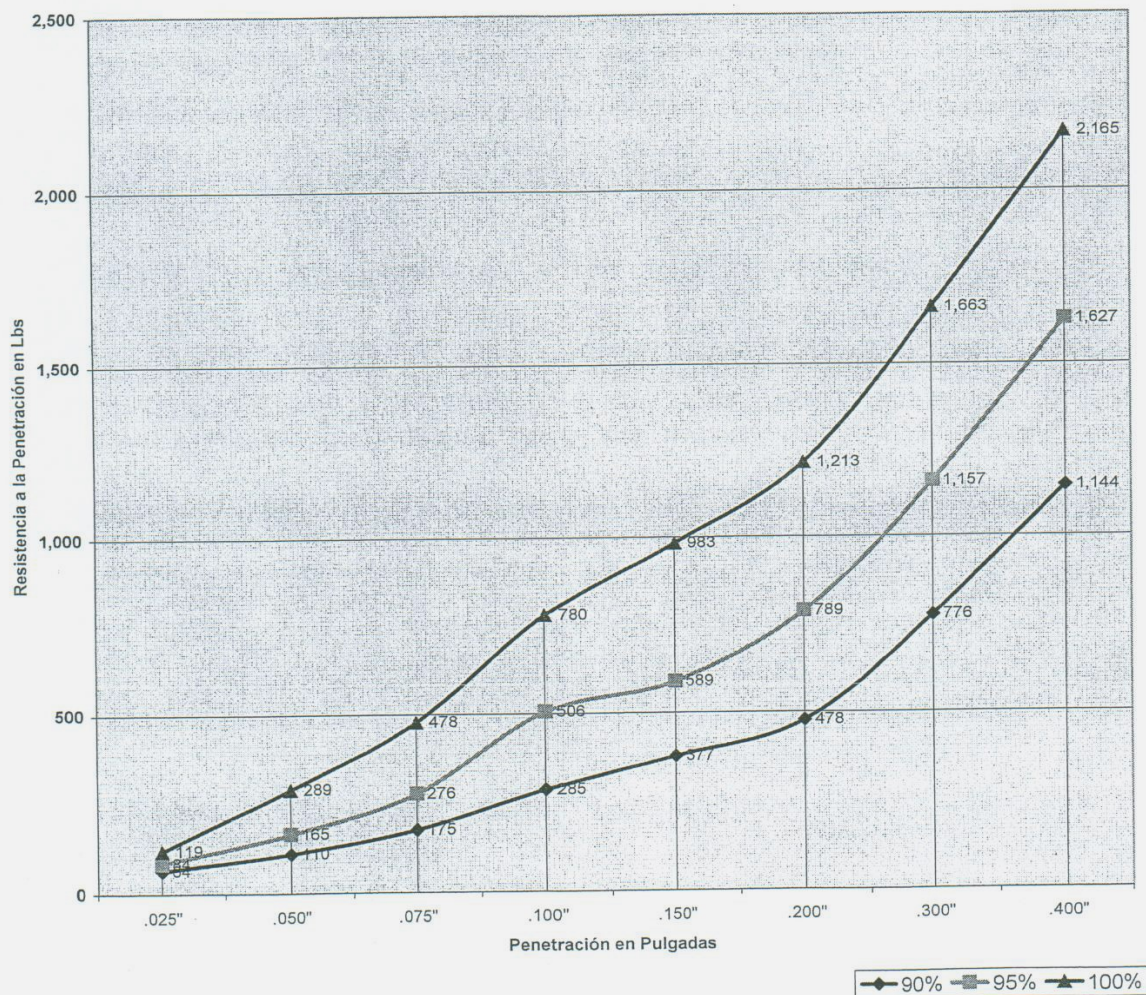
OBSERVACIONES

El material es procedente del banco 6, Sondeos 1 y 2, muestras 2 y 4
El material es grava gruesa a fina semiduro con arena y arcilla de plasticidad media color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
89.50%	22.00	0.0000
94.80%	38.00	0.0000
100.80%	58.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 1,3,5
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 03-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°7
De la Estación 15+850 y 3,000 mts lzq. No Revestido

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	57	42	30	22	13	7

LIMITE LIQUIDO	35	INDICE DE PLASTICIDAD:		8
CLASIFICACION H.R.B	A-2-4(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	2,140		
HUMEDAD OPTIMA %	7.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,934.00	2,045.00	2,150.00
C.B.R. SATURADO	26.00	46.00	66.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:	
El material es procedente del banco 7	
El material es grava con arena limo y arcilla color gris claro.	
Dueño: Bayardo Díaz	



de la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

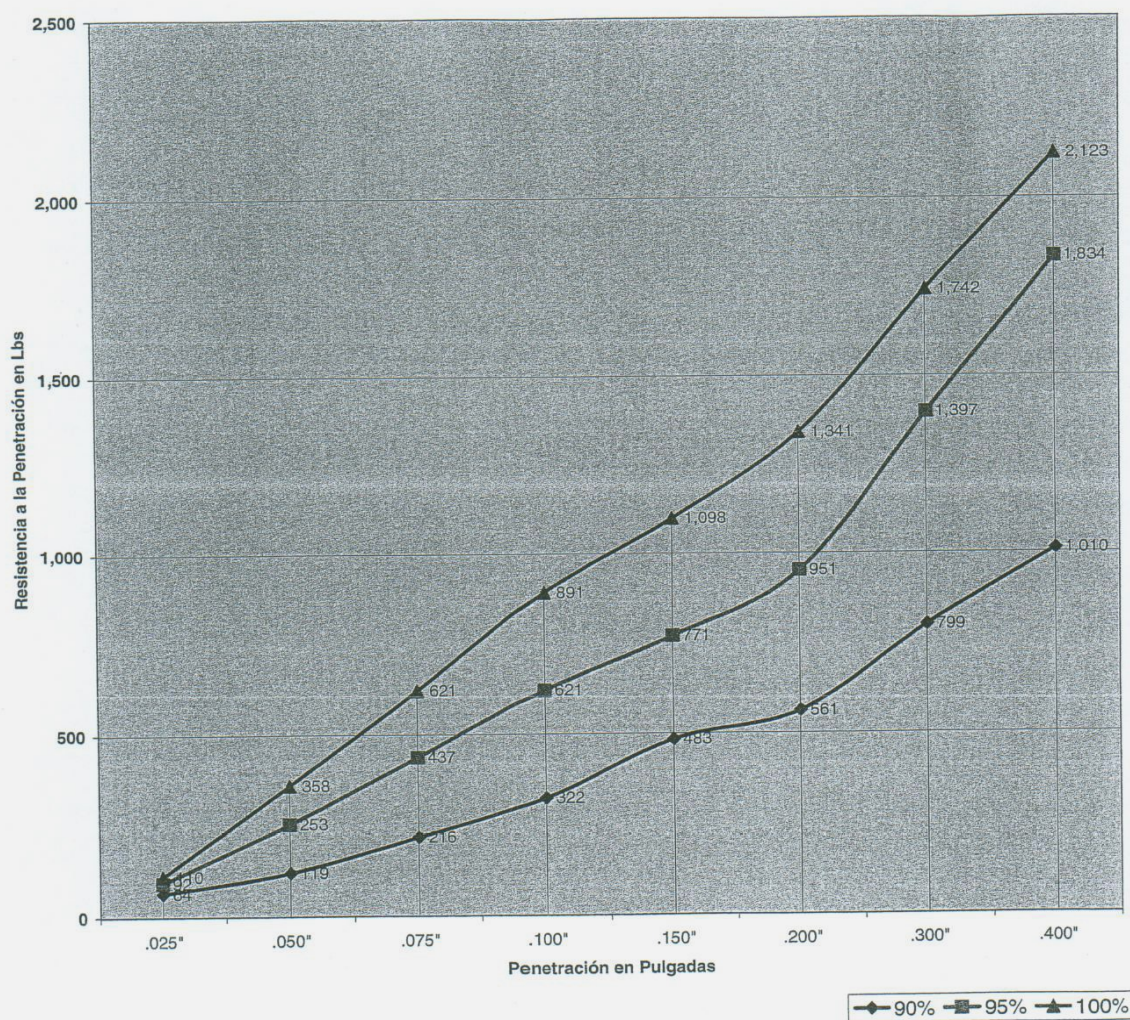
CLASIFICACION: A-2-4(0)

El material es grava con arena limo y arcilla color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.40%	26.00	0.0000
95.60%	46.00	0.0000
100.50%	66.00	0.0000

Corea y Asociados S.A.
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 1,2,3 Y 4
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 14-Ene-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°8
del empalme Nuevo León de la estación 14+900 a 5 kms hacia carretera
a Providencia y 900 metros lado izquierdo,

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	82	76	68	63	55	47

LIMITE LIQUIDO	38	INDICE DE PLASTICIDAD:		9
CLASIFICACION H.R.B	A-4(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,628		
HUMEDAD OPTIMA %	16.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,457.00	1,541.00	1,621.00
C.B.R. SATURADO	12.00	21.00	32.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

El material es procedente del banco 8
El material es limo con grava suave y arena y arcilla color café claro.
Nombre del Banco: Cerro Las Minas.
Nombre del Dueño: Julio Téllez Rodríguez

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)

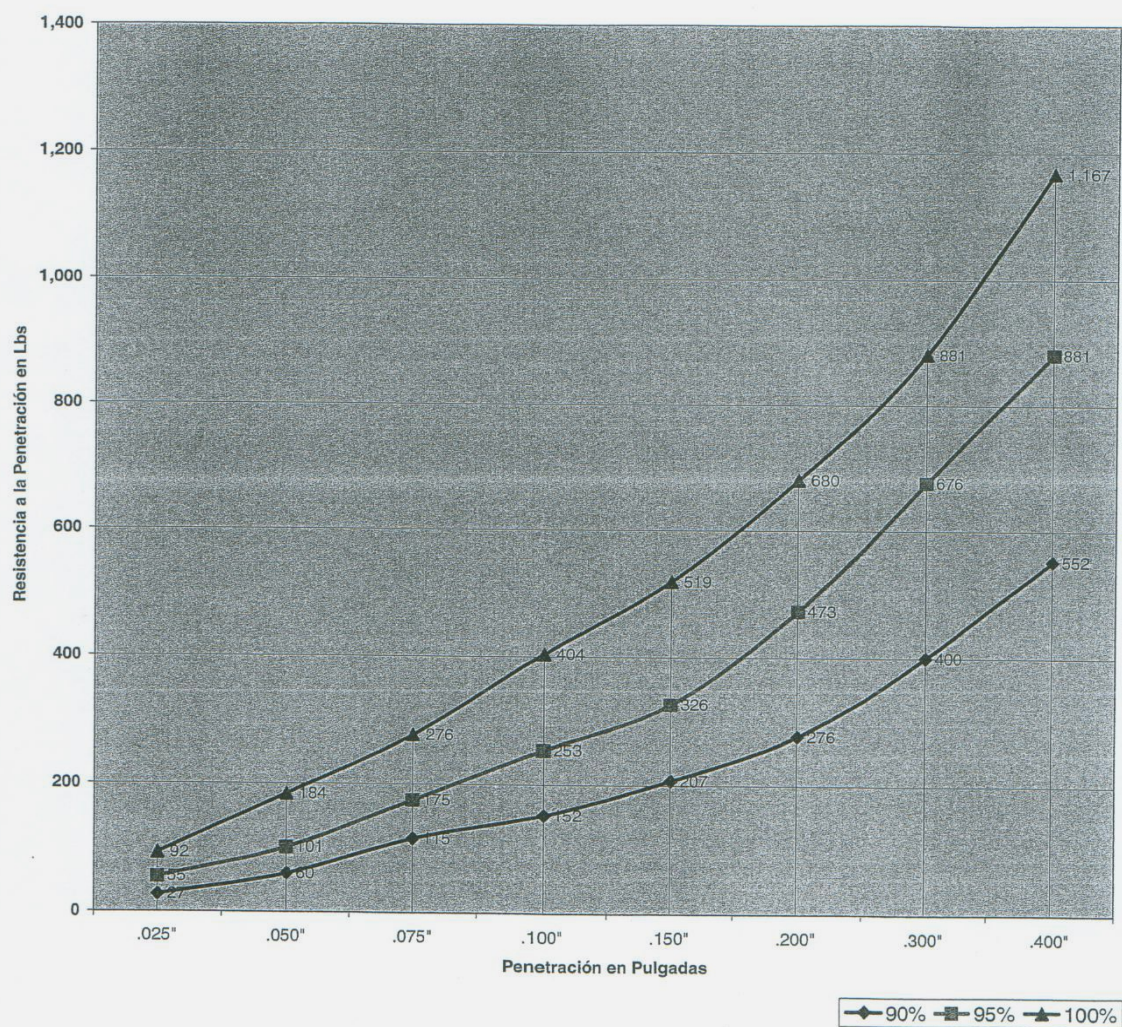
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534

Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834

Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
89.50%	12.00	0.0000
94.70%	21.00	0.0000
99.60%	32.00	0.0000

Corea y Asociados S.A
Ingenieros Consultores

De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76, 2685833/35
Managua, Nicaragua

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS
ENSAYE No.
MUESTRA No. 1,2,4,5
COTEJO:
FUENTE DEL MATERIAL:

FECHA: 04-Feb-06
EFECTUADO POR: J. DUARTE
CALCULO: J. DUARTE

Es procedente del banco N°9
De la Estación 24+340 o sondeo No.246 a 700 mts hacia el camino a Santa Fé

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ DE 3/4"

TAMIZ	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% QUE PASA	25	18	14	12	10	8

LIMITE LIQUIDO	37	INDICE DE PLASTICIDAD:		12
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:		

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	MODIFICADO		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,917		
HUMEDAD OPTIMA %	10.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,732.00	1,826.00	1,909.00
C.B.R. SATURADO	29.00	50.00	68.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

OBSERVACIONES: MATERIAL:

El material es procedente del banco 9, ubicación del sondeo N°246
El material es grava gruesa a fina con arena y arcilla de plasticidad baja con poco fino color gris claro.
Dueño: Napoleón Castro.



Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores
de la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS

Sondeos en: Línea

Fecha : 04/02/2006

CLASIFICACION: A-2-6(0)

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE C.B.R SATURADO

[illegible]

OBSERVACIONES

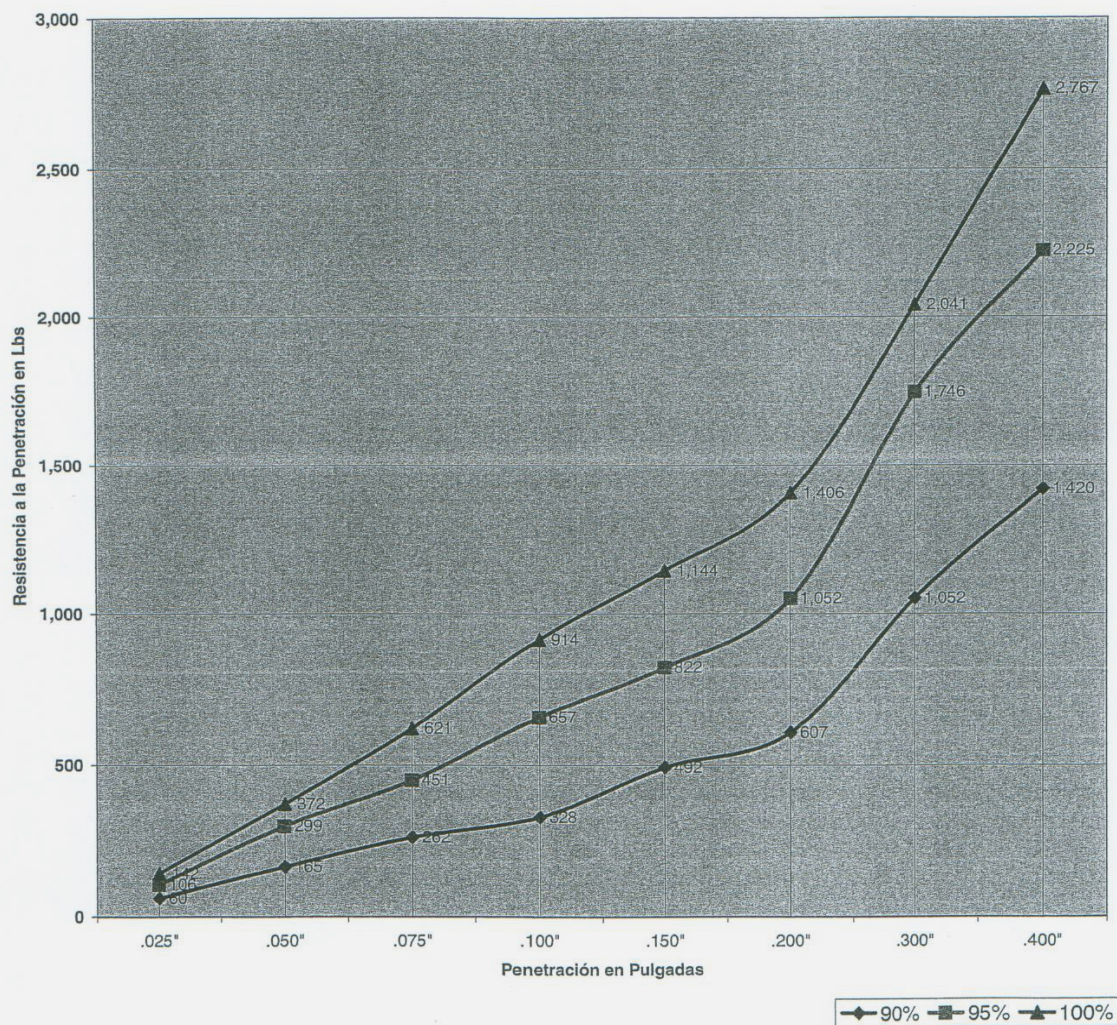
El material es procedente del banco 9, ubicación del sondeo N°246

El material es grava gruesa a fina con arena y arcilla de plasticidad baja con poco fino color gris claro.

Corea y Asociados S.A. (CORASCO)
Ingenieros Consultores

de la Estatua de Montoya 1 /2 cuadra al norte, N° Ruc. 060791-9534
Teléfonos: 2668174/76 ó 2685833/35 Fax: 2685834
Managua, Nicaragua

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO
TRAMO: NUEVA GUINEA-NACIONES UNIDAS



Resultado de CBR Saturado		
% Compactación	Valor CBR	% Hinchamiento
90.40%	29.00	0.0000
95.30%	50.00	0.0000
99.60%	68.00	0.0000

ANEXO III-E: RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE LOS MATERIALES DE BANCOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO.

Corea y Asociados S.A (CORASCO)
Ingenieros Consultores
De la Estatua de Montoya 1 1/2 cuadra al norte, No. Ruc 060791-9534
Telefonos: 2685833/35 - 2688174/76
Managua, Nicaragua

VALOR SOPORTE A LA RESISTENCIA DE MEZCLA CON CEMENTO

PROYECTO:	NUEVA GUINEA - NACIONES UNIDAS
CLIENTE:	M.T.I
FECHA:	27-Mar-06

[illegible]

OBSERVACION:

Los especímenes No. 1, 2, 3 son procedente del banco N°1 y se les realizo 3 mezclas con cemento al 4%, 5% y 6%.
Nota: El P.V.S. del banco N°1 1,582 kgs/m³.



Managua, Nicaragua

VALOR SOPORTE A LA RESISTENCIA DE MEZCLA CON CEMENTO

27-Mar-06

[illegible]

OBSERVACION:

Los especímenes 4,5 y 6 son procedente del banco N^o1-A y se les realizó 3 mezclas con cemento al 4%, 5% y 6%.
Nota: el P.V.S. del banco N^o1-A es de 1,354 kgs/M³



Managua, Nicaragua

VALOR SOPORTE A LA RESISTENCIA DE MEZCLA CON CEMENTO

27-Mar-06

[illegible]

OBSERVACION:

Los especímenes 7,8 y 9 son procedente del banco N°3 y se les realizaron 3 mezclas con cemento al 4%, 5% y 6%.
Nota: el P.V.S.S. del banco N°3 es de 1,505 kgs/m³.



Managua, Nicaragua

VALOR SOPORTE A LA RESISTENCIA DE MEZCLA CON CEMENTO

27-Mar-06

OBSERVACION:

Los especímenes 10.11 y 12 son procedente del banco N°4 y se les realizaron 3 mezclas con cemento al 4%, 5% y 6%.

Nota: el P.V.S.S. del banco N°4 es de 1,379 kgs/m³.



Managua, Nicaragua

VALOR SOPORTE A LA RESISTENCIA DE MEZCLA CON CEMENTO

[illegible]

Nota: el P.V.S.S. del banco N°5 es de 1,561 kgs/m³.

ANEXO IV-A

FACTORES EQUIVALENTE DE CARGA

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips) ₂	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2

42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1,993, anexo D

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02

48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1,993, anexo D

ANEXO IV-B

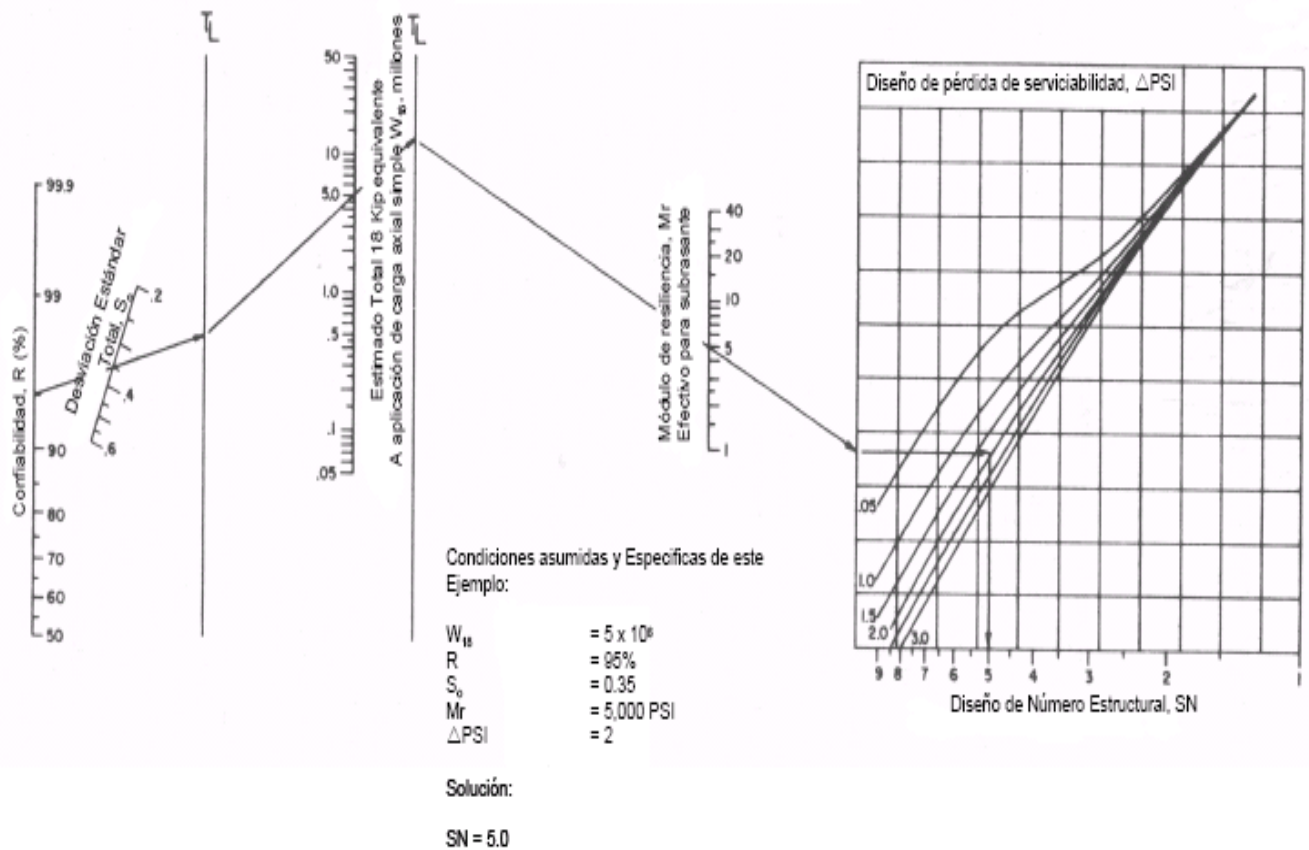
VALORES DE DESVIACION NORMAL ESTANDAR (ZR)

Valores de Desviación Normal Estándar (ZR) Correspondientes al Nivel Seleccionado de Confiabilidad	
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.075

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

ANEXO IV-C

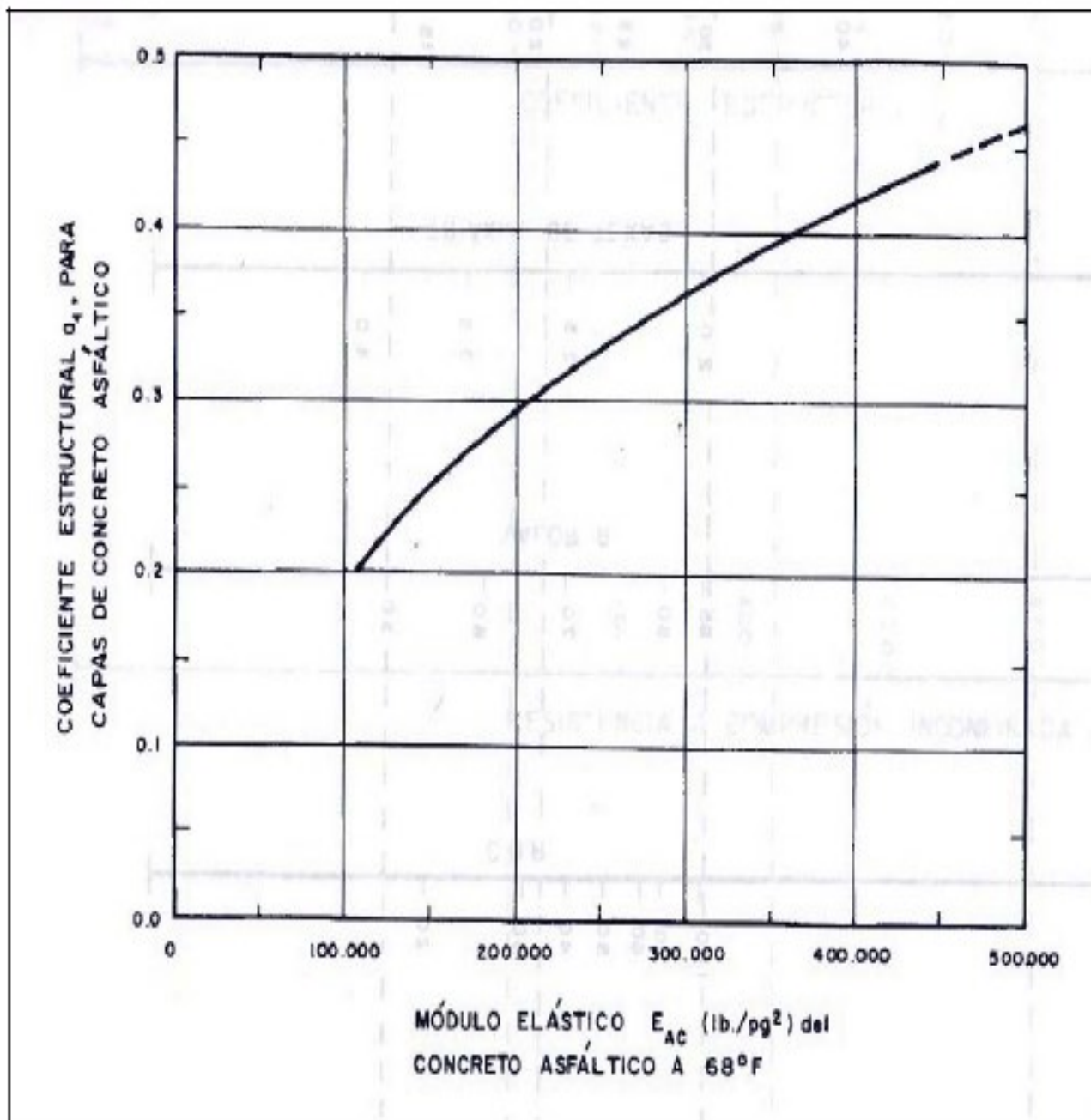
NOMOGRAMA DE PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

Anexo IV-D

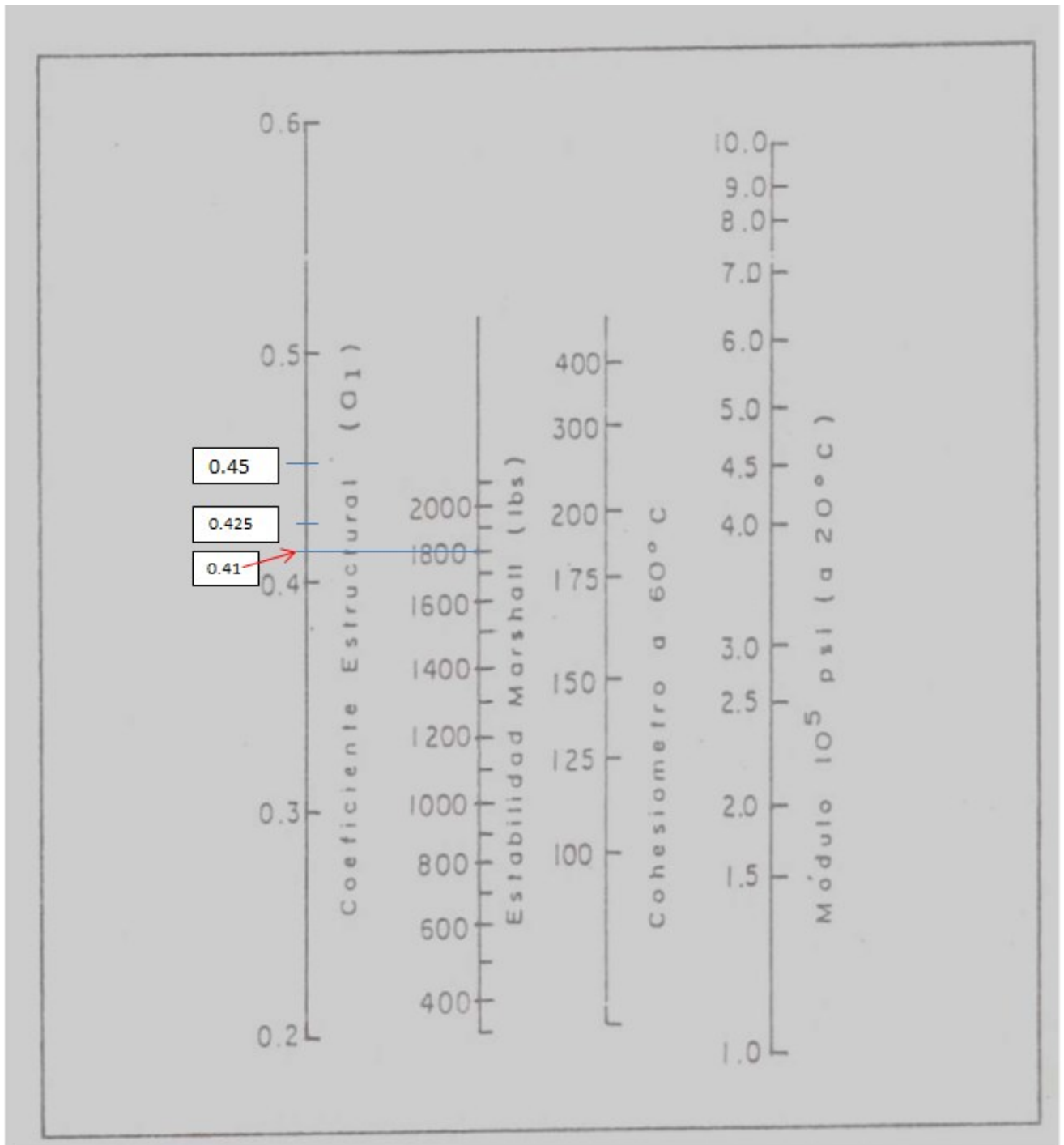
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DEL CONCRETO ASFÁLTICO EN BASE A SU MODULO DE ELASTICIDAD



Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

Anexo IV-E

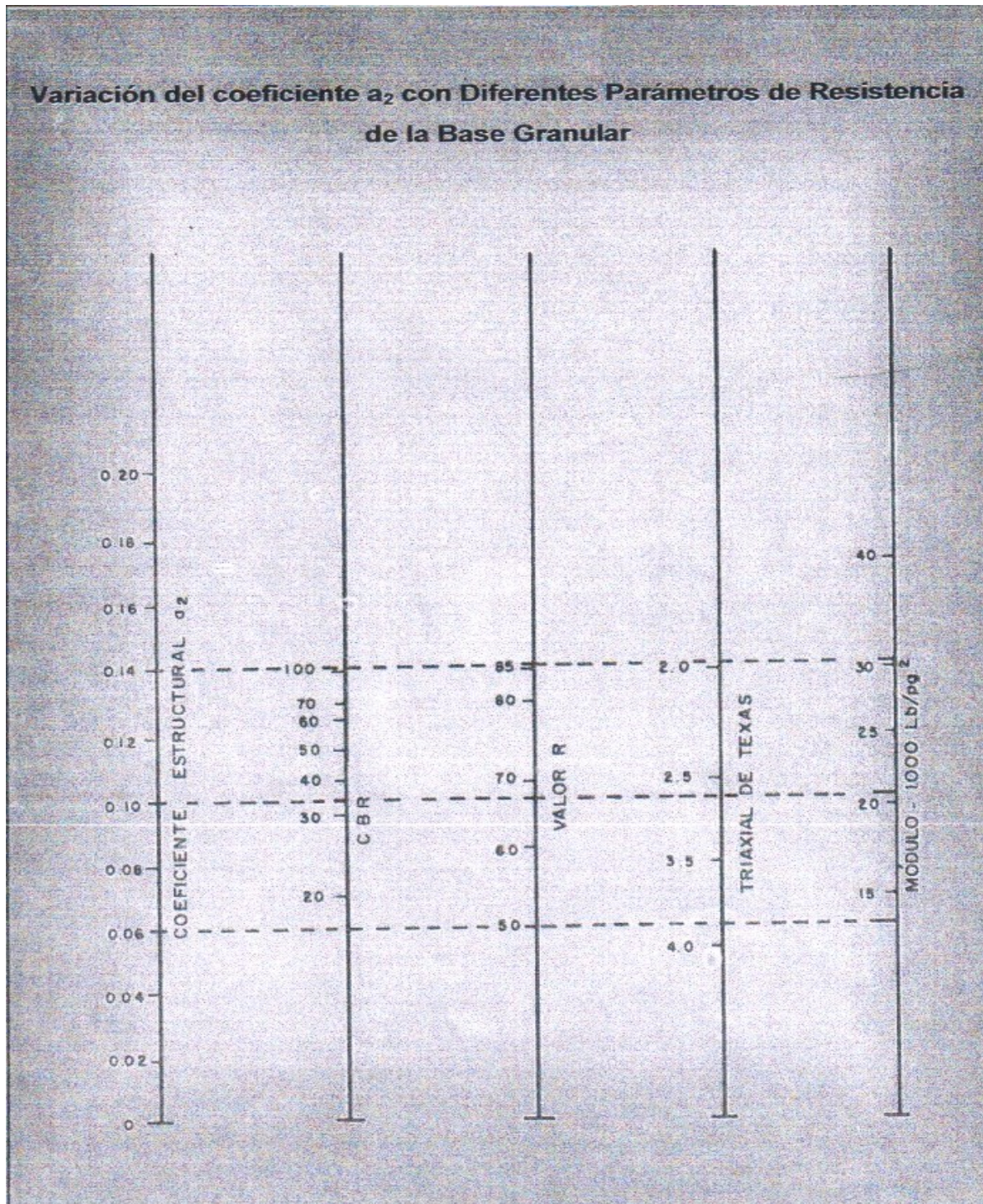
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DEL CONCRETO ASFALTICO EN BASE A LA ESTABILIDAD MARSHALL



Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

ANEXO IV-F

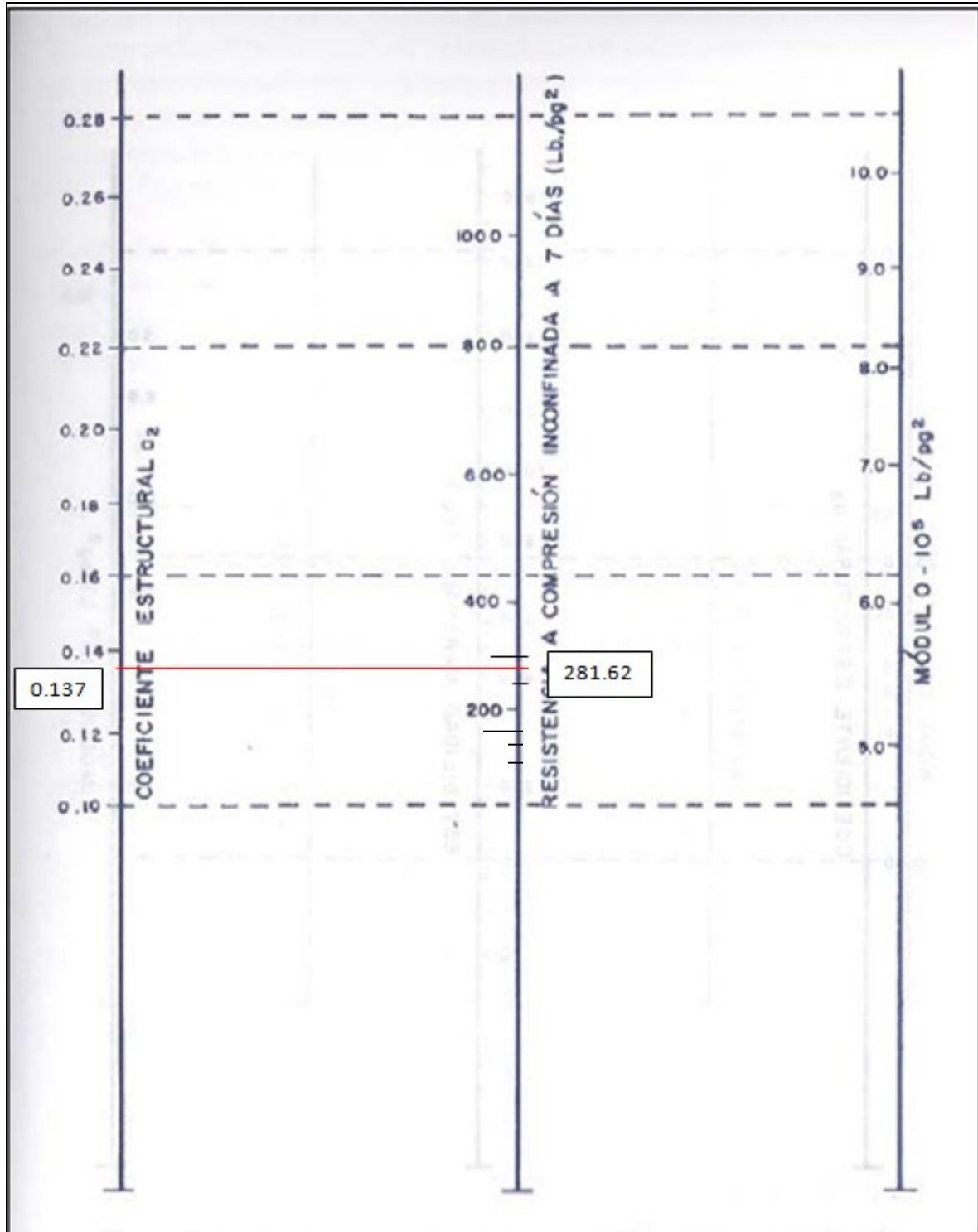
FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_2 PARA LA BASE GRANULAR



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

ANEXO IV-G

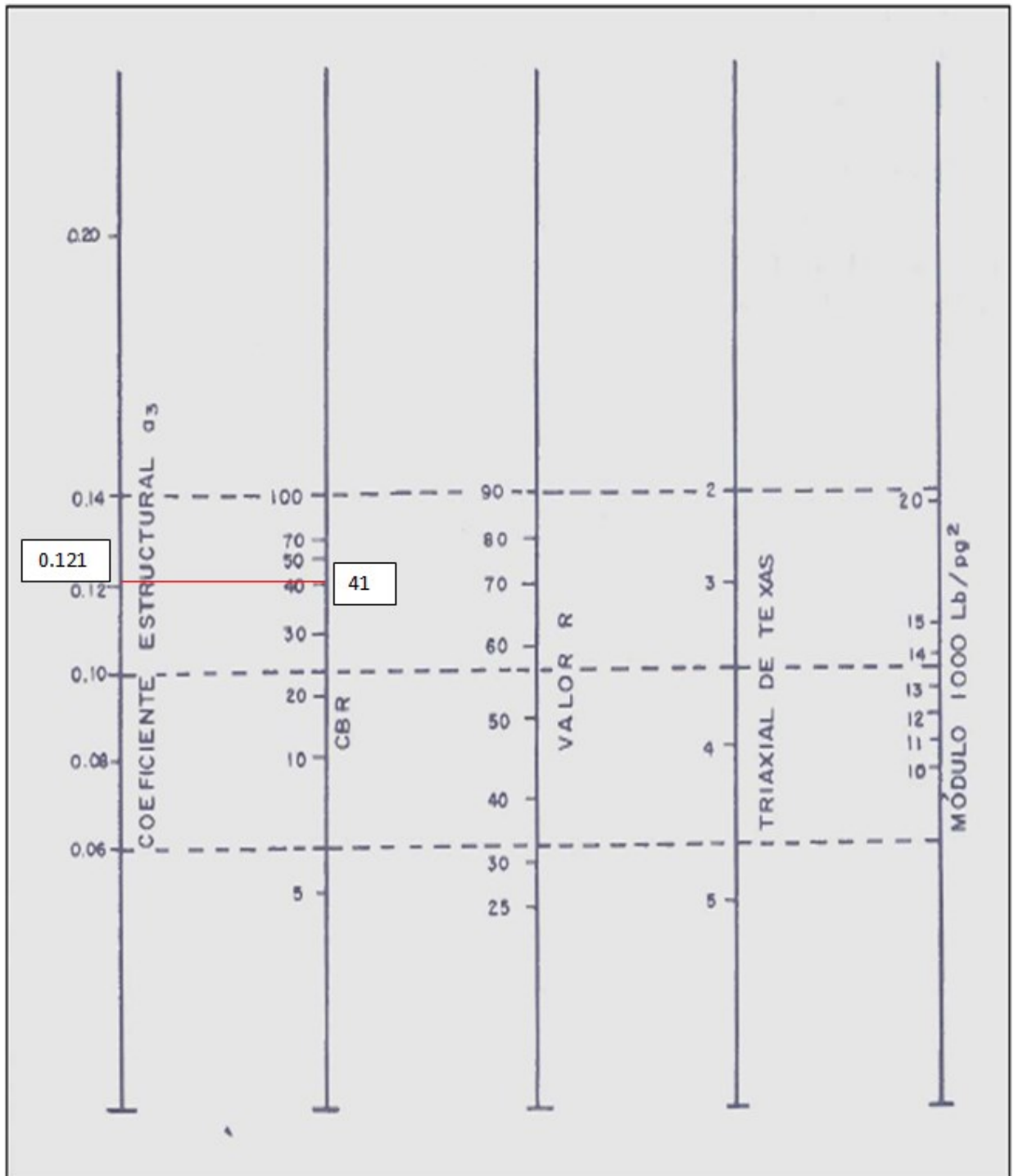
FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_2 PARA BASES TRATADAS CON CEMENTO.



Fuente: Ing. Gustavo Corredor M., Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I.

ANEXO IV-H





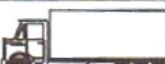









FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_3 PARA LA SUB-BASE



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

ANEXO IV-I

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>REPUBLICA DE NICARAGUA</p> <p>MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA</p> <p>DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD</p> <p>DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES</p> <p>PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS</p> </div>  </div>								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		4,50	9,00					13,50
C3		5,00	16,00					21,00
			8,00	8,00				
C4		5,00	20,00					25,00
			6,67	6,66	6,66			
T2-S1		5,00	9,00	9,00				23,00
T2-S2		5,00	9,00	16,00				30,00
				8,00	8,00			
T2-S3		5,00	9,00	20,00				34,00
				6,67	6,66	6,66		
T3-S1		5,00	16,00		9,00			30,00
			8,00	8,00				
T3-S2		5,00	16,00	16,00				37,00
			8,00	8,00	8,00	8,00		
T3-S3		5,00	16,00	20,00				41,00
			8,00	8,00	6,67	6,66	6,66	
C2-R2		4,50	9,00	4.0 a	4.0 a			21,50
		4,50	9,00	6.5 b	6.5 b			26,50
C3-R2		5,00	16,00	4.0 a	4.0 a			29,00
		5,00	8,00	8,00	6.5 b	6.5 b		34,00
C3-R3		5,00	16,00	4.0 a	5.0 a	5.0 a		35,00
		5,00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37,50

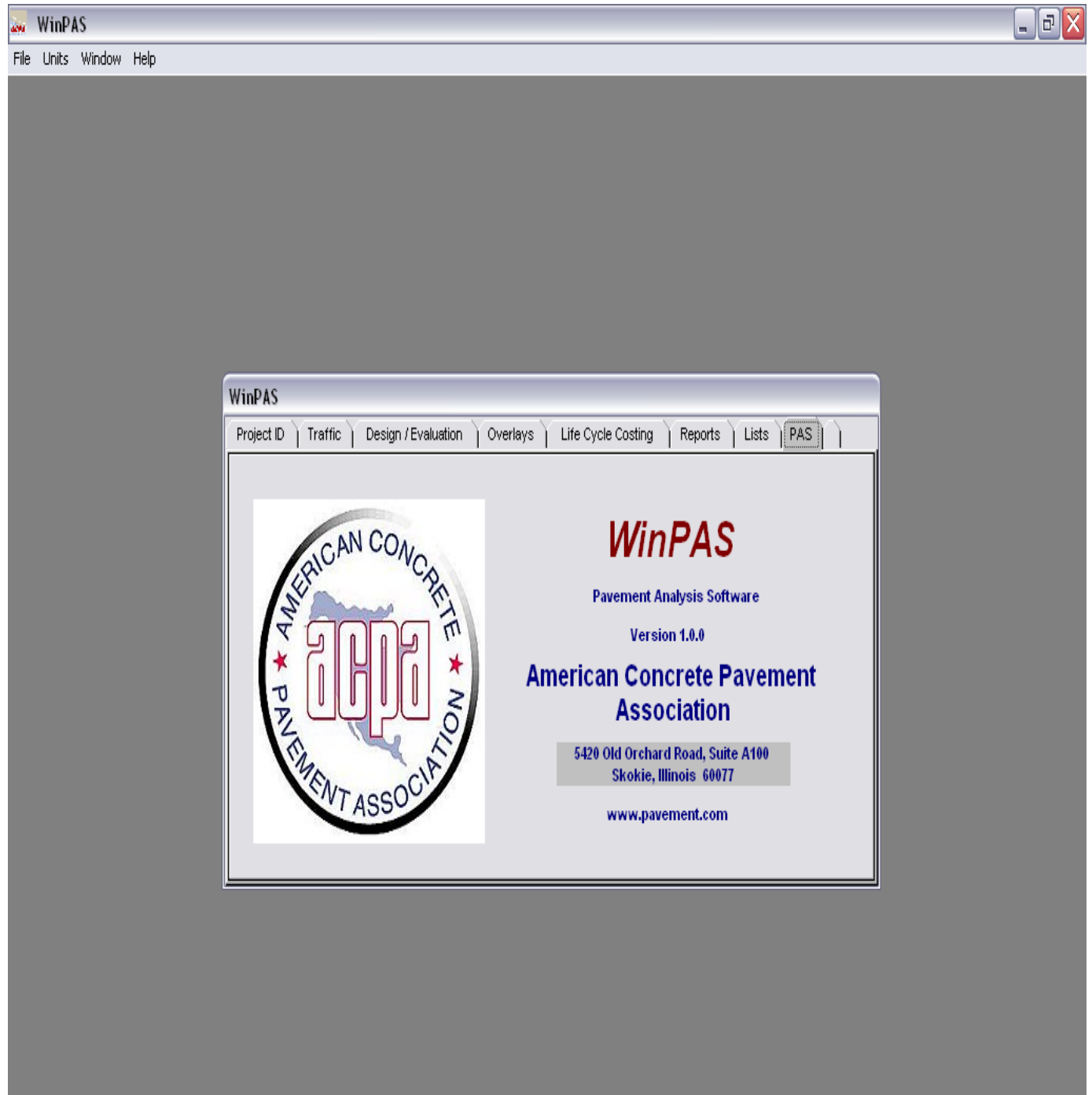
NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

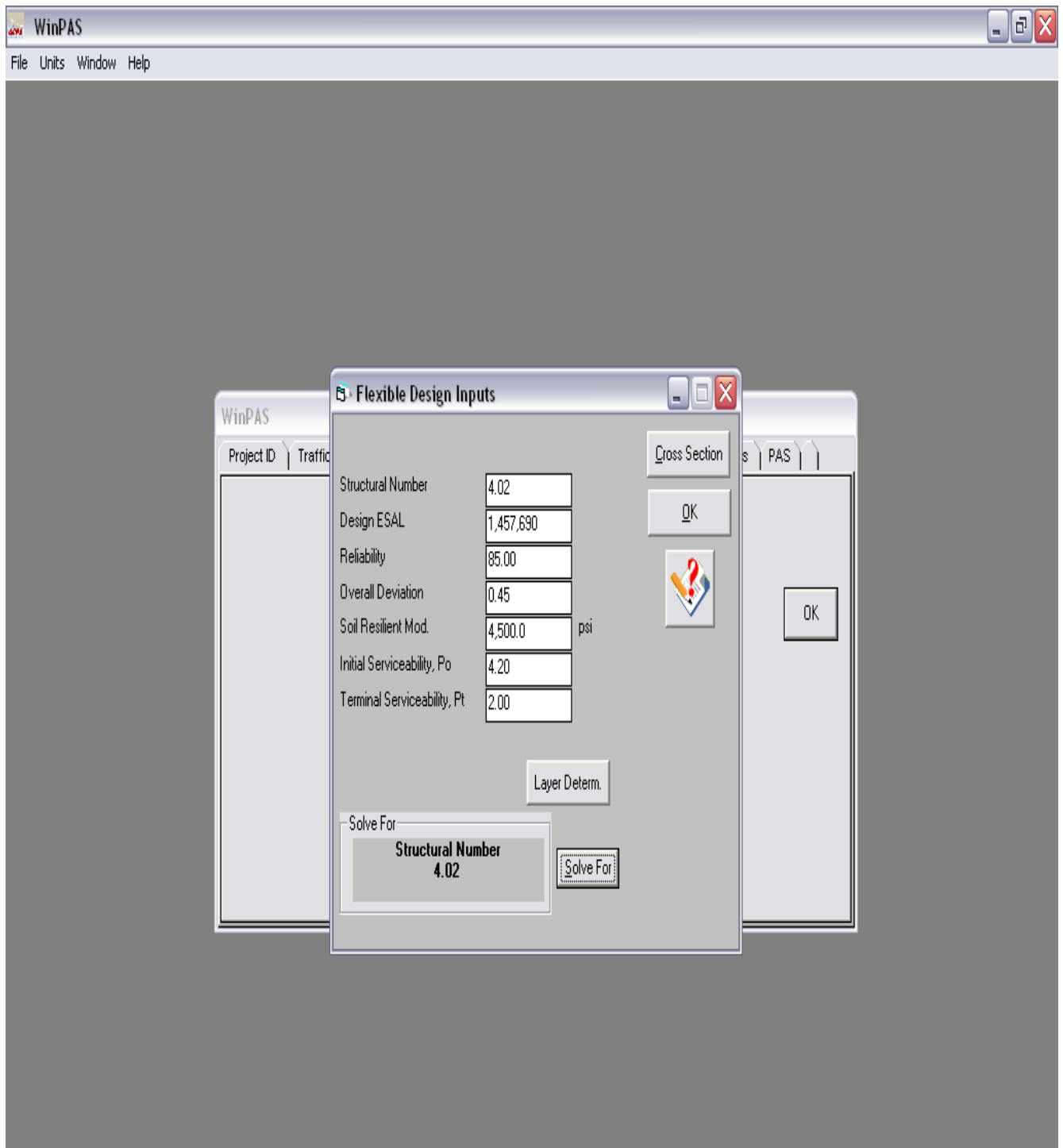
a : Eje sencillo llanta sencilla. b : Eje sencillo llanta doble.

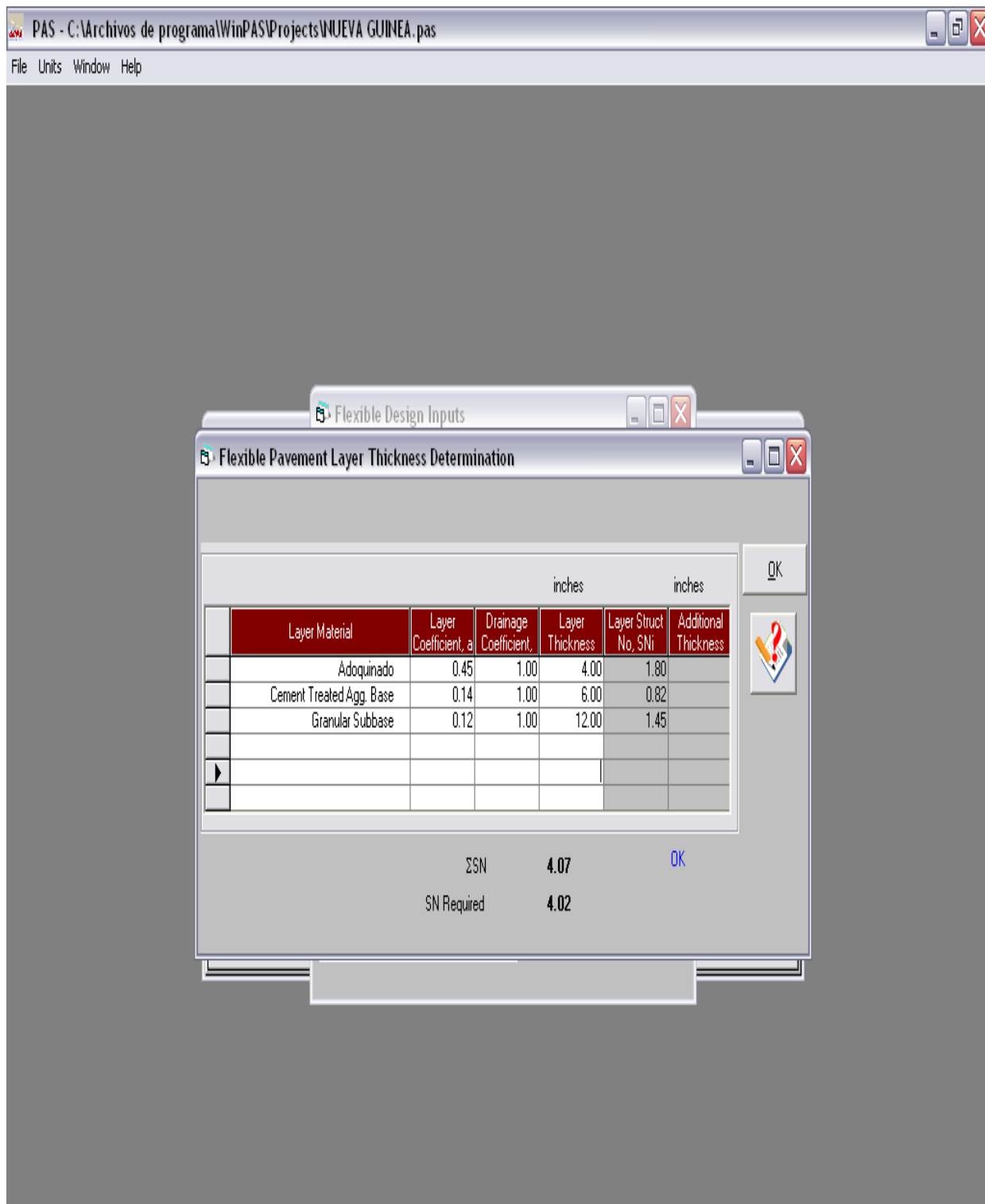
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura

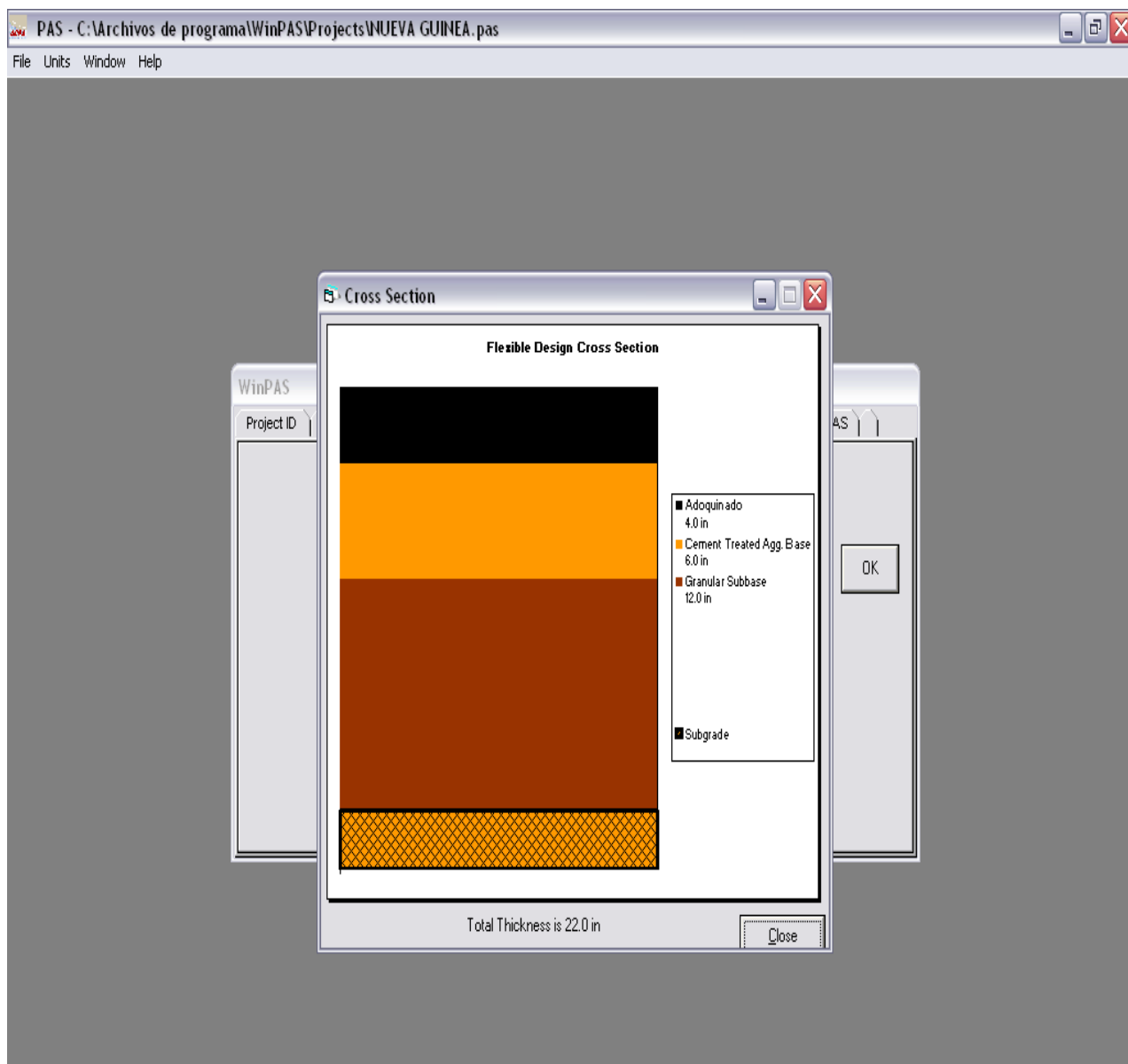
ANEXO IV-J

RESULTADOS WINPAS ALTERNATIVA ADOQUINADO SUB RASANTE ACTUAL





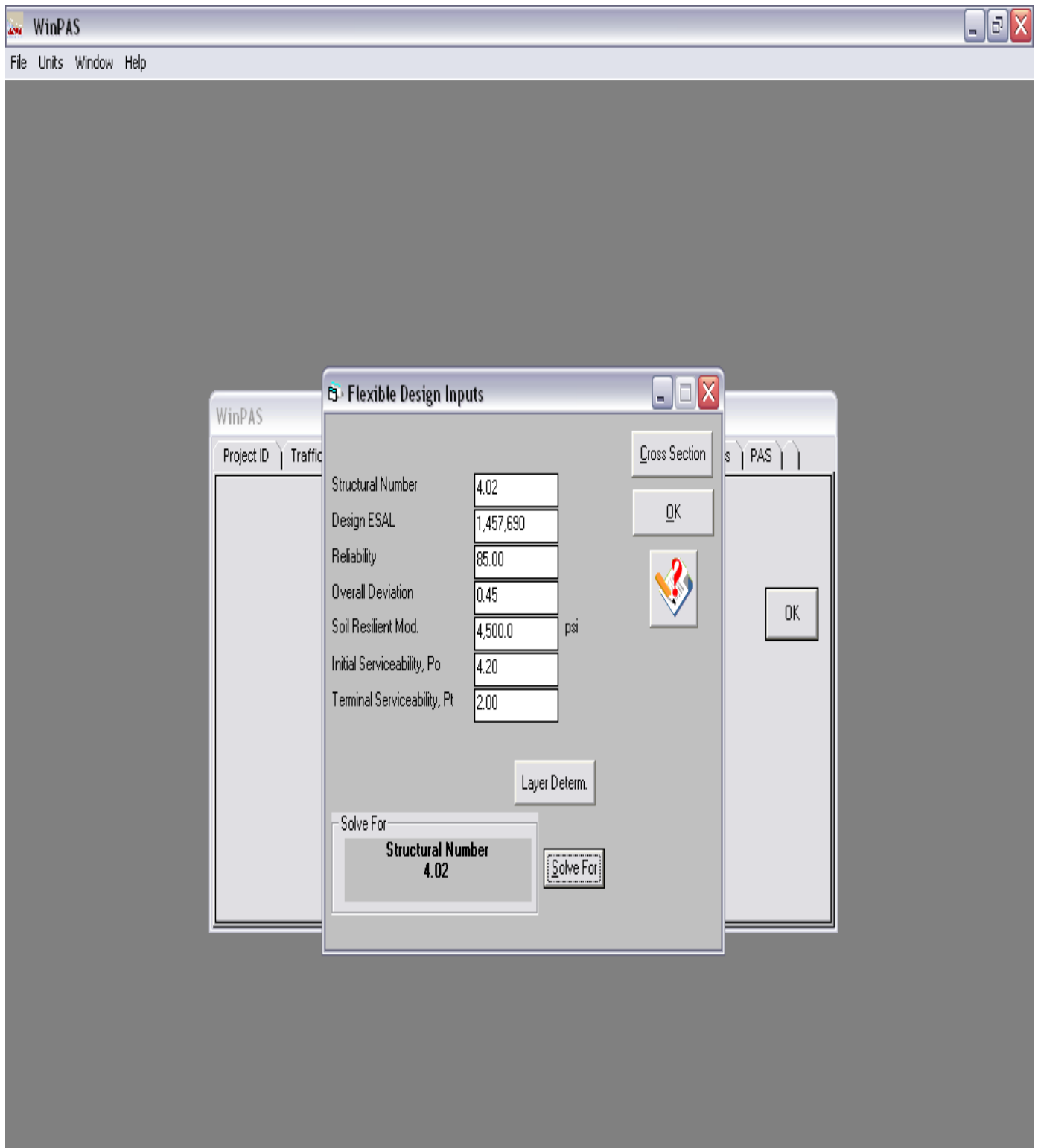




ANEXO IV-K

RESULTADOS WINPAS ALTERNATIVA CONCRETO ASFÁLTICO SUB RASANTE ACTUAL





PAS - C:\Archivos de programa\WinPAS\Projects\NUEVA GUINEA.pas

File Units Window Help

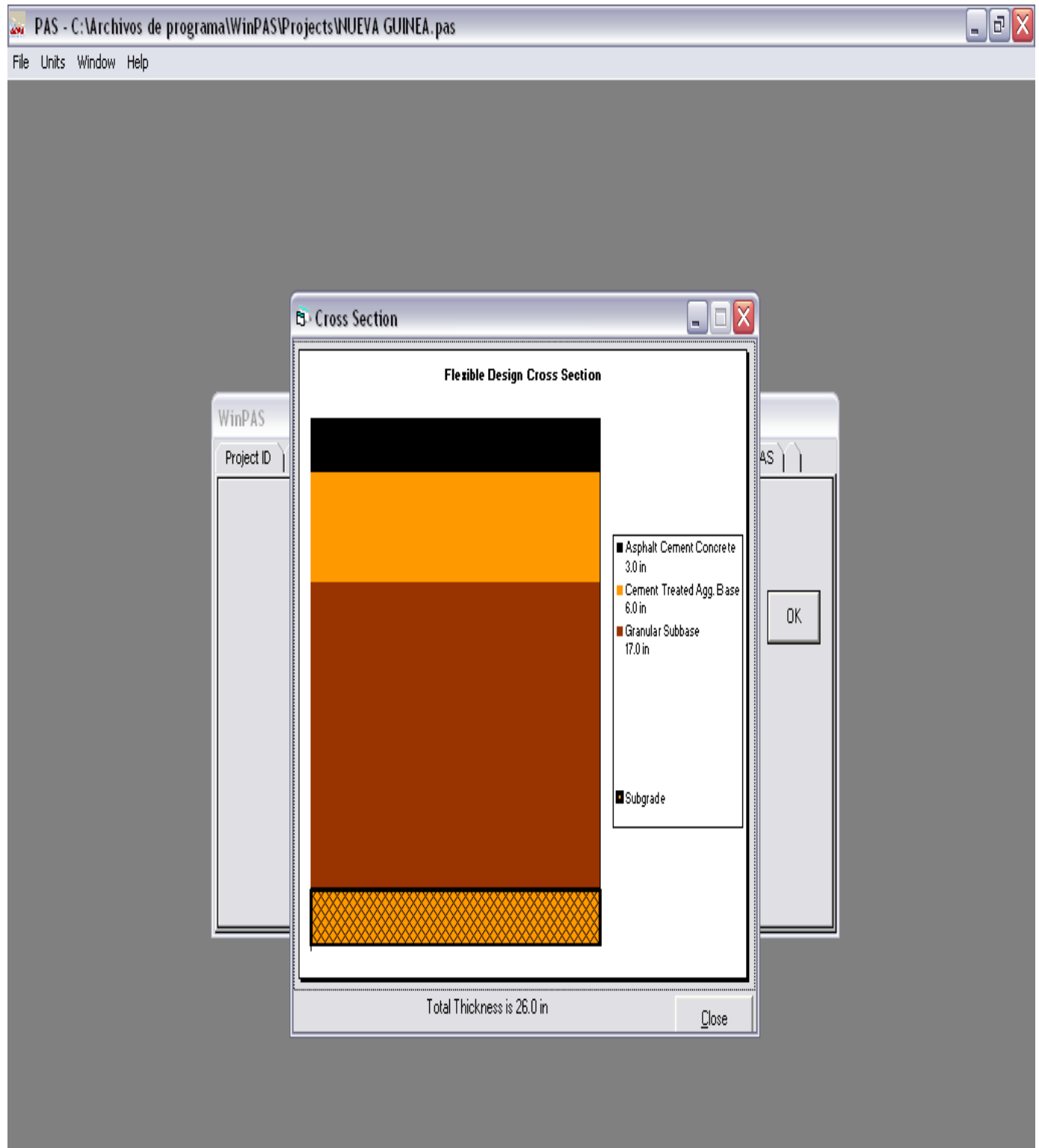
Flexible Design Inputs

Flexible Pavement Layer Thickness Determination

	Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness
	Asphalt Cement Concrete	0.41	1.00	3.00	1.23	-0.21
	Cement Treated Agg. Base	0.14	1.00	6.00	0.82	
	Granular Subbase	0.12	1.00	17.00	2.06	

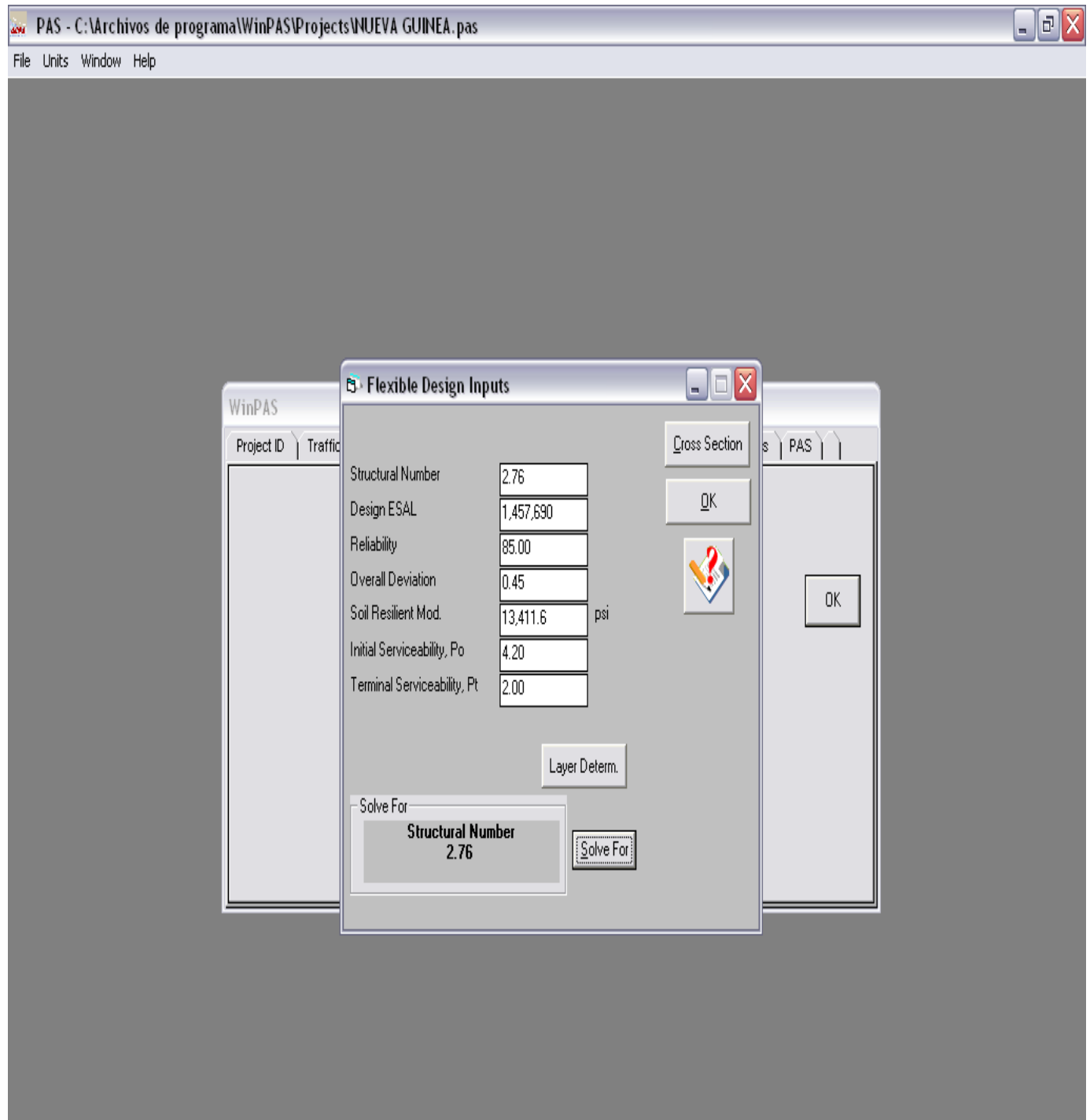
ΣSN 4.11 OK

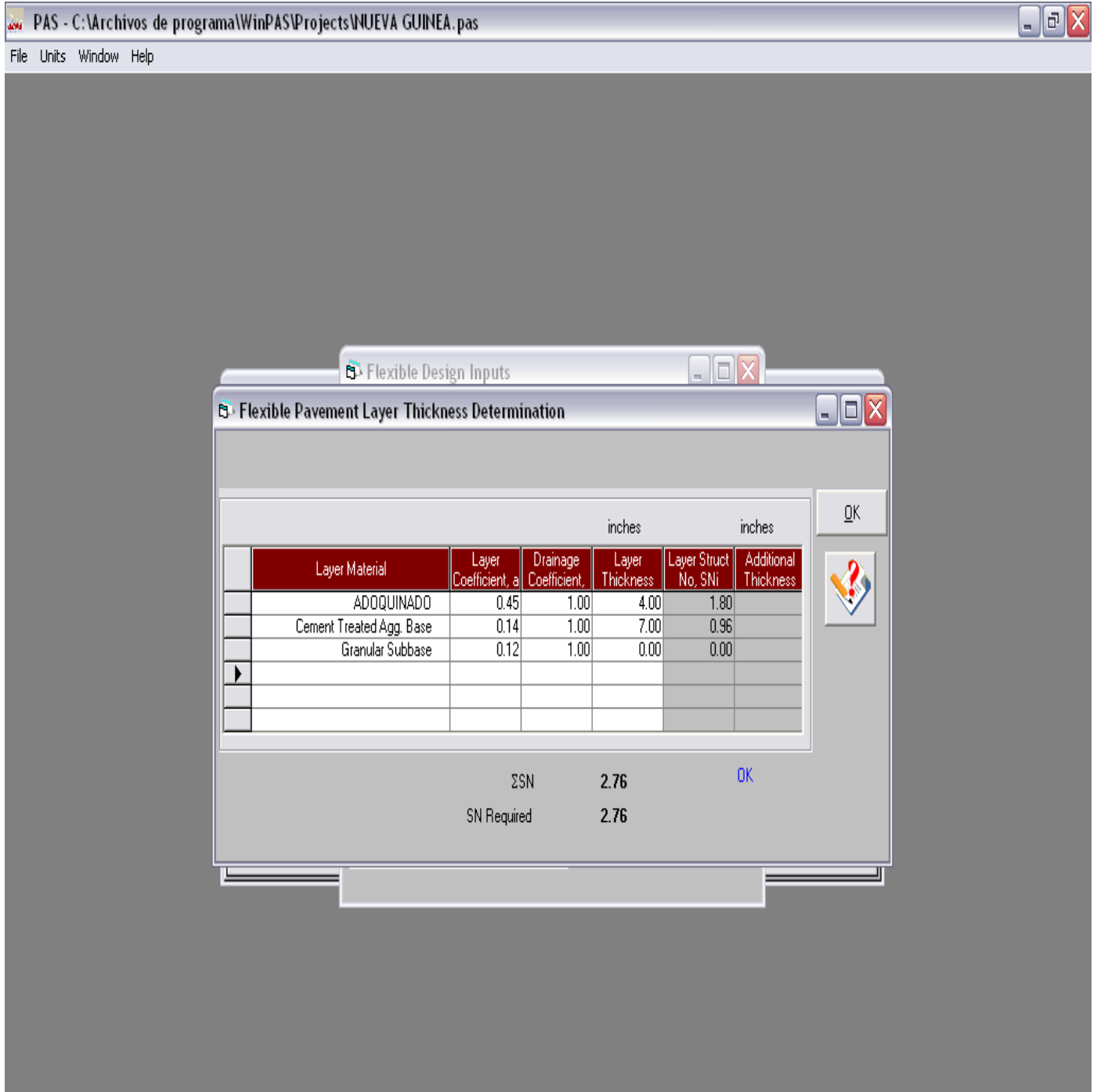
SN Required 4.02



ANEXO IV-L RESULTADOS WINPAS ALTERNATIVA ADOQUINADO SUB RASANTE MEJORADA



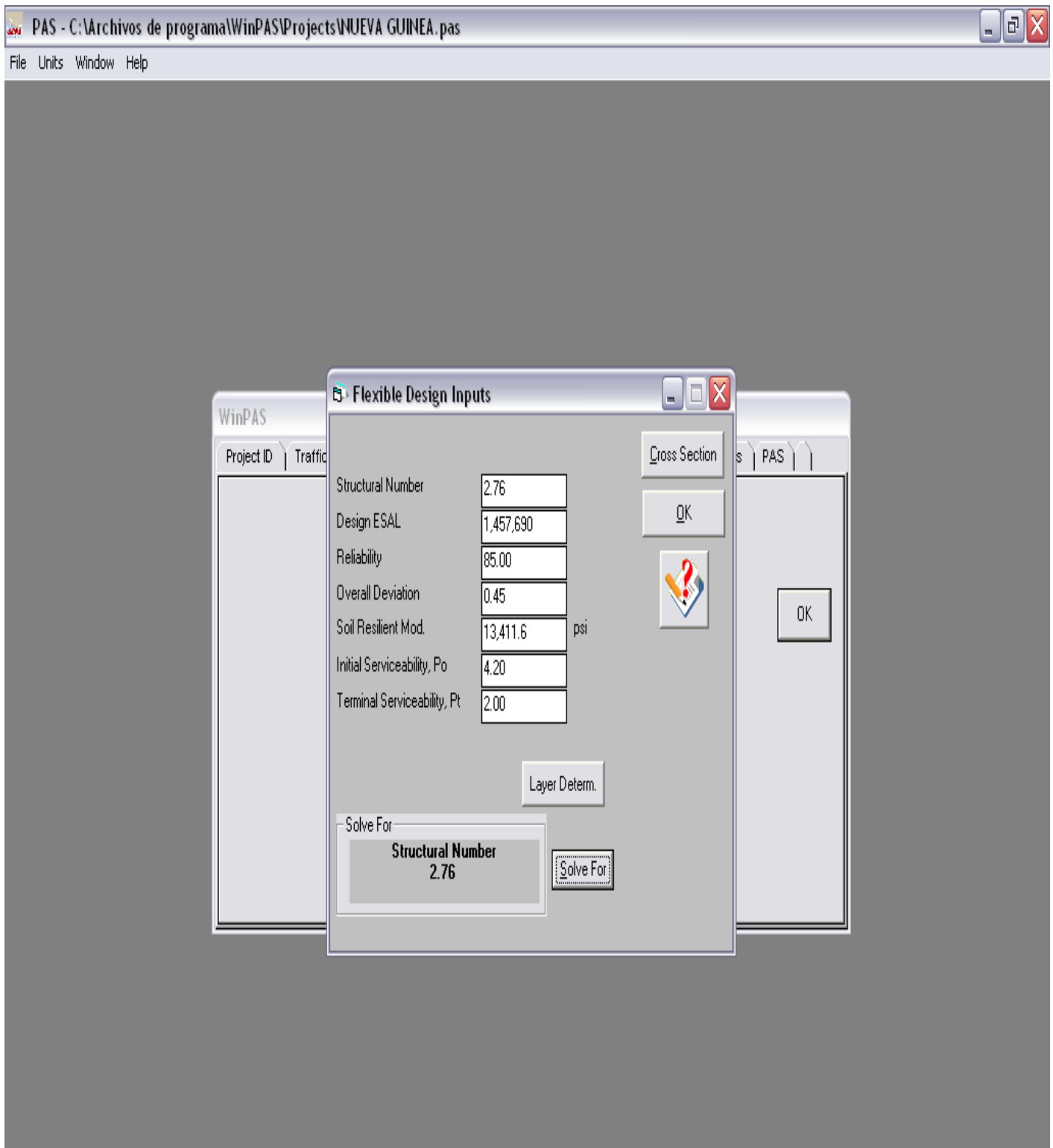




ANEXO IV-M

RESULTADOS WINPAS ALTERNATIVA CONCRETO ASFÁLTICO SUB RASANTE MEJORADA





PAS - C:\Archivos de programa\WinPAS\Projects\NUEVA GUINEA.pas

File Units Window Help

Flexible Design Inputs

Flexible Pavement Layer Thickness Determination

	Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness
	Asphalt Cement Concrete	0.41	1.00	3.00	1.23	
	Cement Treated Agg. Base	0.14	1.00	6.00	0.82	
	Granular Subbase	0.12	1.00	6.00	0.73	

ΣSN 2.78 OK

SN Required 2.76

ANEXO V-A: HOJAS DE ENTRADA RED MODEL.

SUB RASANTE MEJORADA

Datos de Control

Nombre del País	Nicaragua
Nombre del Proyecto	Mejoramiento de la Carretera
Código de Identificación del Camino	NIC-71
Nómbre del Camino	Nueva Guinea - La Esperanza
Moneda	Dólares
Símbolo Monetario	US\$
Duración de la Estación Húmeda (días)	182.5
Fecha de Evaluación	diciembre 4, 2012
Factor de Costos Económicos de Agencia	0.85
Tasa de Descuento (%)	8%
Período de Evaluación (años)	20
Año Calendario Inicial	2013
Población Servida (personas)	6005

Datos de Seteo

	Nombre de Cada tipo de Vehículo (máx. dos palabras)
Tipo de Vehículo 1	Automóvil Mediano
Tipo de Vehículo 2	Vehículo de Reparto
Tipo de Vehículo 3	Autobús Liviano
Tipo de Vehículo 4	Autobús Mediano
Tipo de Vehículo 5	Autobús Pesado
Tipo de Vehículo 6	Camión Liviano
Tipo de Vehículo 7	Camión Mediano
Tipo de Vehículo 8	Camión Pesado
Tipo de Vehículo 9	Camión Articulado

	Nombre de Cada Tipo de Terreno
Tipo de Terreno A	Llano
Tipo de Terreno B	Ondulado
Tipo de Terreno C	Montañoso

	Nombre de Cada Tipo de Camino
Tipo de Camino X	Pavimento
Tipo de Camino Y	Ripio
Tipo de Camino Z	Tierra

Opción de Indicador de Condición del Camino	<input checked="" type="radio"/> Rugosidad <input type="radio"/> Veloc. de un Vehículo de Referencia <input type="radio"/> Rugosidad y Velocidades de Flota de Vehículos
---	---

SUB RASANTE MEJORADA

Economic Vehicle Operating Costs Function of Roughness Coefficients

			VOC (US\$/veh-km) en Función de la Rugosidad (IRI)				Columnas para Chequear Relaciones		
			VOC = a0 + a1*IRI + a2*IRI^2 + a3*IRI^3				VOC para IRI =	VOC para IRI =	VOC para IRI =
							13.86	4.50	2.50
			a0	a1	a2	a3	(US\$/veh-km)	(US\$/veh-km)	(US\$/veh-km)
AX1	Terreno: A Llano	Automóvil Mediano	0.124202	0.000813	0.000422	-0.000008	0.195	0.136	0.129
AX2		Vehículo de Reparto	0.163457	0.002709	0.000643	-0.000013	0.290	0.187	0.174
AX3		Autobús Liviano	0.140696	0.001192	0.000453	-0.000009	0.221	0.154	0.146
AX4		Autobús Mediano	0.233759	0.005125	0.000481	-0.000009	0.374	0.266	0.249
AX5		Autobús Pesado	0.305496	0.015994	0.000468	-0.000007	0.599	0.386	0.348
AX6		Camión Liviano	0.235871	0.007085	0.000576	-0.000011	0.415	0.278	0.257
AX7		Camión Mediano	0.359463	0.008099	0.000848	-0.000015	0.595	0.412	0.385
AX8		Camión Pesado	0.508586	0.002814	0.001462	-0.000025	0.763	0.549	0.524
AX9		Camión Articulado	0.764635	0.005385	0.002519	-0.000045	1.204	0.836	0.793
AY1	Terreno: A Llano	Automóvil Mediano	0.122166	0.002926	0.000324	-0.000006	0.209	0.141	0.131
AY2		Vehículo de Reparto	0.162306	0.004918	0.000538	-0.000011	0.306	0.194	0.178
AY3		Autobús Liviano	0.135825	0.003751	0.000339	-0.000006	0.236	0.159	0.147
AY4		Autobús Mediano	0.228920	0.009836	0.000382	-0.000004	0.421	0.280	0.256
AY5		Autobús Pesado	0.301291	0.021585	0.000327	-0.000004	0.653	0.405	0.357
AY6		Camión Liviano	0.232977	0.010463	0.000459	-0.000008	0.444	0.289	0.262
AY7		Camión Mediano	0.353331	0.013807	0.000684	-0.000011	0.646	0.428	0.392
AY8		Camión Pesado	0.484900	0.012272	0.001208	-0.000019	0.835	0.563	0.523
AY9		Camión Articulado	0.730244	0.021120	0.002084	-0.000035	1.330	0.864	0.796
AZ1	Terreno: A Llano	Automóvil Mediano	0.126957	0.003026	0.000284	-0.000005	0.210	0.146	0.136
AZ2		Vehículo de Reparto	0.169361	0.005150	0.000469	-0.000009	0.308	0.201	0.185
AZ3		Autobús Liviano	0.140125	0.003900	0.000298	-0.000005	0.238	0.163	0.152
AZ4		Autobús Mediano	0.233933	0.009912	0.000348	-0.000006	0.423	0.285	0.261
AZ5		Autobús Pesado	0.309386	0.021793	0.000263	-0.000002	0.656	0.413	0.365
AZ6		Camión Liviano	0.239448	0.010733	0.000399	-0.000007	0.447	0.295	0.269
AZ7		Camión Mediano	0.362333	0.014204	0.000591	-0.000009	0.650	0.437	0.401
AZ8		Camión Pesado	0.493287	0.012470	0.001126	-0.000017	0.837	0.571	0.531
AZ9		Camión Articulado	0.744933	0.020364	0.002044	-0.000033	1.332	0.875	0.808
BX1	Terreno: B Ondulado	Automóvil Mediano	0.124666	0.000871	0.000415	-0.000008	0.195	0.136	0.129
BX2		Vehículo de Reparto	0.164968	0.002715	0.000636	-0.000013	0.290	0.189	0.176
BX3		Autobús Liviano	0.141231	0.001287	0.000443	-0.000008	0.222	0.155	0.147
BX4		Autobús Mediano	0.242544	0.005415	0.000431	-0.000008	0.380	0.275	0.259
BX5		Autobús Pesado	0.319149	0.016568	0.000395	-0.000005	0.610	0.401	0.363
BX6		Camión Liviano	0.238522	0.007407	0.000541	-0.000010	0.418	0.282	0.260
BX7		Camión Mediano	0.371650	0.008342	0.000800	-0.000014	0.604	0.424	0.397
BX8		Camión Pesado	0.524796	0.002521	0.001449	-0.000024	0.774	0.563	0.540
BX9		Camión Articulado	0.772683	0.009204	0.002247	-0.000039	1.227	0.856	0.809
BY1	Terreno: B Ondulado	Automóvil Mediano	0.122719	0.002942	0.000321	-0.000006	0.209	0.142	0.132
BY2		Vehículo de Reparto	0.163481	0.004915	0.000534	-0.000010	0.306	0.195	0.179
BY3		Autobús Liviano	0.136590	0.003777	0.000335	-0.000006	0.237	0.160	0.148
BY4		Autobús Mediano	0.236656	0.010052	0.000357	-0.000006	0.428	0.289	0.264
BY5		Autobús Pesado	0.316099	0.021482	0.000312	-0.000004	0.664	0.419	0.372
BY6		Camión Liviano	0.236210	0.010584	0.000441	-0.000008	0.447	0.292	0.265
BY7		Camión Mediano	0.368067	0.013525	0.000671	-0.000011	0.654	0.440	0.404
BY8		Camión Pesado	0.498779	0.012110	0.001177	-0.000018	0.844	0.575	0.536
BY9		Camión Articulado	0.760279	0.019885	0.002103	-0.000035	1.347	0.889	0.823
BZ1	Terreno: B Ondulado	Automóvil Mediano	0.127312	0.003052	0.000281	-0.000005	0.211	0.146	0.137
BZ2		Vehículo de Reparto	0.170156	0.005167	0.000466	-0.000009	0.309	0.202	0.186
BZ3		Autobús Liviano	0.140655	0.003935	0.000295	-0.000005	0.238	0.164	0.152
BZ4		Autobús Mediano	0.241469	0.009910	0.000346	-0.000006	0.429	0.293	0.268
BZ5		Autobús Pesado	0.326493	0.020839	0.000315	-0.000003	0.667	0.426	0.381
BZ6		Camión Liviano	0.241988	0.010882	0.000384	-0.000006	0.449	0.298	0.271
BZ7		Camión Mediano	0.375939	0.013339	0.000631	-0.000009	0.657	0.448	0.413
BZ8		Camión Pesado	0.506322	0.011885	0.001147	-0.000017	0.845	0.581	0.543
BZ9		Camión Articulado	0.773953	0.018933	0.002092	-0.000034	1.349	0.898	0.834
CX1	Terreno: C Montañoso	Automóvil Mediano	0.126673	0.000986	0.000400	-0.000008	0.197	0.139	0.132
CX2		Vehículo de Reparto	0.169849	0.002772	0.000615	-0.000012	0.294	0.194	0.180
CX3		Autobús Liviano	0.143516	0.001522	0.000421	-0.000008	0.224	0.158	0.150
CX4		Autobús Mediano	0.288417	0.006930	0.000334	-0.000007	0.431	0.326	0.308
CX5		Autobús Pesado	0.396597	0.018151	0.000270	-0.000004	0.690	0.483	0.444
CX6		Camión Liviano	0.253110	0.008213	0.000507	-0.000010	0.437	0.299	0.277
CX7		Camión Mediano	0.432887	0.010337	0.000665	-0.000012	0.672	0.492	0.463
CX8		Camión Pesado	0.592106	0.005877	0.001226	-0.000021	0.853	0.641	0.614
CX9		Camión Articulado	0.932760	0.013482	0.001823	-0.000032	1.386	1.027	0.977
CY1	Terreno: C Montañoso	Automóvil Mediano	0.124955	0.002981	0.000310	-0.000006	0.211	0.144	0.134
CY2		Vehículo de Reparto	0.167835	0.004941	0.000518	-0.000010	0.309	0.200	0.183
CY3		Autobús Liviano	0.139829	0.003809	0.000324	-0.000006	0.239	0.163	0.151
CY4		Autobús Mediano	0.289090	0.010212	0.000215	-0.000003	0.464	0.339	0.316
CY5		Autobús Pesado	0.400525	0.021253	0.000225	-0.000003	0.730	0.500	0.455
CY6		Camión Liviano	0.258470	0.009537	0.000460	-0.000008	0.458	0.310	0.285
CY7		Camión Mediano	0.438009	0.013372	0.000566	-0.000009	0.707	0.509	0.475
CY8		Camión Pesado	0.585587	0.011262	0.000966	-0.000012	0.895	0.655	0.620
CY9		Camión Articulado	0.922523	0.024152	0.001277	-0.000015	1.463	1.056	0.991
CZ1	Terreno: C Montañoso	Automóvil Mediano	0.129342	0.003028	0.000278	-0.000005	0.212	0.148	0.139
CZ2		Vehículo de Reparto	0.173860	0.005126	0.000462	-0.000008	0.311	0.206	0.189
CZ3		Autobús Liviano	0.143694	0.003899	0.000291	-0.000005	0.240	0.167	0.155
CZ4		Autobús Mediano	0.294499	0.010338	0.000170	-0.000002	0.466	0.344	0.321
CZ5		Autobús Pesado	0.408671	0.021457	0.000155	-0.000001	0.733	0.508	0.463
CZ6		Camión Liviano	0.266150	0.009717	0.000397	-0.000006	0.461	0.317	0.293
CZ7		Camión Mediano	0.447819	0.013673	0.000473	-0.000007	0.710	0.518	0.485
CZ8		Camión Pesado	0.592862	0.011671	0.000871	-0.000009	0.897	0.662	0.627
CZ9		Camión Articulado	0.938528	0.023233	0.001241	-0.000013	1.465	1.067	1.004

SUB RASANTE MEJORADA

Costos de Tiempo de Viaje

	Número de Pasajeros (#)	Costo de Tiempo de Pasajero (US\$/pas-hr)	Costo de Tiempo de Retención de Carga (US\$/veh-hr)
Automóvil Mediano	4	0.36	0.00
Vehículo de Reparto	4	0.40	0.00
Autobús Liviano	11	0.79	0.00
Autobús Mediano	21	1.56	0.00
Autobús Pesado	42	3.15	0.00
Camión Liviano	0	1.54	0.00
Camión Mediano	0	2.27	0.00
Camión Pesado	0	2.51	0.00
Camión Articulado	0	4.51	0.00

Costos de Accidentes

	Costos en Dólares
Costo Medio por Accidente	0
0	
Costos por Tipo de Accidente:	
Con Muertes	0
Con Lesiones	1
Daños Materiales solamente	0

Nota: Ingrese el costo medio por accidente O los costos por tipo de accidente. Si ingresa todos los costos, el modelo utiliza los costos por tipo de accidente e ignora el costo medio por accidente.

SUB RASANTE MEJORADA

Tasa de Crecimiento del Tránsito Normal, Generado y Derivado

Tránsito Normal

Estación Secca

	Tránsito Diario 2013 (veh/día)	Composición 2013 (%)	Tránsito Diario 2032 (veh/día)	Composición 2032 (%)	Tasa de Crecimiento del Tránsito (%)			
					2013 - 2017	2018 - 2022	2023 - 2027	2028 - 2032
Automóvil Mediano	89	33%	144	33%	2.6	2.6	2.6	2.6
Vehículo de Reparto	24	9%	39	9%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Liviano	0	0%	0	0%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Mediano	6	2%	10	2%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Pesado	16	6%	26	6%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Liviano	33	12%	53	12%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Mediano	94	35%	152	35%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Pesado	1	0%	2	0%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Articulado	6	2%	10	2%	2.6	2.6	2.6	2.6
Total	269	100%	436	100%				
Media Ponderada					2.6	2.6	2.6	2.6

Estación Húmeda

	Tránsito Diario 2013 (veh/día)	Composición 2013 (%)	Tránsito Diario 2032 (veh/día)	Composición 2032 (%)	Tasa de Crecimiento del Tránsito (%)			
					2013 - 2017	2018 - 2022	2023 - 2027	2028 - 2032
Automóvil Mediano	89	33%	144	33%	2.6	2.6	2.6	2.6
Vehículo de Reparto	24	9%	39	9%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Liviano	0	0%	0	0%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Mediano	6	2%	10	2%	2.6	2.6	2.6	2.6
Autobús Pesado	16	6%	26	6%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Liviano	33	12%	53	12%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Mediano	94	35%	152	35%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Pesado	1	0%	2	0%	2.6	2.6	2.6	2.6
Camión Articulado	6	2%	10	2%	2.6	2.6	2.6	2.6
Total	269	100%	436	100%				
Media Ponderada					2.6	2.6	2.6	2.6

Tránsito Generado Debido al Decrecimiento en los Costos de Transporte

$$\frac{\text{Elasticidad}}{\text{Precio de la Demanda para el Transporte}} = \frac{\text{Porcentaje de Aumento en el Tránsito}}{\text{Porcentaje de Decrecimiento en Costos de Transporte}}$$

	Porcentaje del Tránsito Normal (%)	Elasticidad Precio de la Demanda para el Transporte
Automóvil Mediano	0	1.0
Vehículo de Reparto	0	1.0
Autobús Liviano	0	1.0
Autobús Mediano	0	1.0
Autobús Pesado	0	1.0
Camión Liviano	0	1.0
Camión Mediano	0	1.0
Camión Pesado	0	1.0
Camión Articulado	0	1.0

Nota: Ingrese el porcentaje del tránsito normal O la elasticidad precio de la demanda. Si ingresa ambos, el modelo utiliza el porcentaje del tránsito normal.

SUB RASANTE MEJORADA

Indicadores Multi-Criterio

Criterio	Descripción	Valor
1	Nivel de pobreza del área de influencia (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	-10
2	Potencial para desarrollo económico del área de influencia (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	0
3	Importancia del camino dada por proceso de consulta local (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	10
4	Provisión de acceso de servicios sociales del camino (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	-10
5	Problemas de transitabilidad del camino para todos los climas (-10-Baja, 0-Media, 10-Alta)	0
6	Nivel de clasificación funcional del camino (-10-Bajo, 0-Medio, 10-Alto)	-10
7		
8		

Nota: Estos indicadores multi-criterio son recogidos para referencias futuras, no se incluyen en la evaluación económica.

SUB RASANTE MEJORADA

Alternativas de Proyecto - Principales Características

Descripción de la Alternativa	Sin Alternativa de Proyecto Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativas de Proyecto Alternativa 2	Alternativa 3
Mantener Condición Actual		Adoquinado	Concreto Asfáltico en Caliente	
Tipo de Terreno (A/B/C) A: Llano B: Ondulado C: Montañoso	B	B	B	
Tipo de Camino (X/Y/Z) X: Pavimento Y: Rípido Z: Tierra	Y	X	X	
Estación Seca Longitud del Camino (km) Rugosidad (IRI)	11.1 14.1	11.1 4.5	11.1 2.75	
N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A.				
Estación Húmeda Longitud del Camino (km) Rugosidad (IRI)	11.1 14.1	11.1 4.5	11.1 2.75	
N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A. N.A.				
Duración de la Inversión en Años (0/1/2/3) Porcentaje de Costos de Inversión en el Año 1 (%) Porcentaje de Costos de Inversión en el Año 2 (%) Porcentaje de Costos de Inversión en el Año 3 (%) Costos Financieros de Inversión (000US\$/km) Costos Financieros Fijos de Mantenimiento (000US\$/km/year) Costos Financieros Variables de Mantenimiento (000US\$/km/year/TDA) Tasa de Accidentes (Accidentes por 100 millones de vehículos-km) Y Opcionalmente	0 0% 0% 0% 0.00 13.00 0.000	1 100% 0% 0% 206.80 4.00 0.000	1 100% 0% 0% 236.70 5.50 0.000	
Porcentaje con Muertes (%) Porcentaje con Lesiones (%) Porcentaje con Daños Materiales Solamente (%) Tránsito Derivado de Camino Alternativo (veh/día): Automóvil Mediano Vehículo de Reparto Autobús Liviano Autobús Mediano Autobús Pesado Camión Liviano Camión Mediano Camión Pesado Camión Articulado Características del Camino Alternativo: Tipo de Terreno del Camino (A/B/C) Tipo de Camino (X/Y/Z) Longitud del Camino (km) Rugosidad del Camino (IRI)				B Y 11.1 14.1

SUB RASANTE MEJORADA

Alternativa de Proyecto 1- Otros Beneficios Netos: Adoquinado

País	Nicaragua
Camino	Mejoramiento de la Carretera

Proyecto	Nueva Guinea - La Esperanza
Alternativa	Adoquinado

Año	Tránsito Derivado		Beneficios Exógenos Netos: (MUS\$/año)					Otros Beneficios	
	Tránsito Diario (veh/día)	Beneficios Netos (MUS\$/año)						Beneficios Exógenos Netos Totales	Beneficios Netos Totales (MUS\$/año)
			Servicios Sociales	Impacto Ambiental	Otro	Otro	Otro		
2013	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2020	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2021	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2022	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2023	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2024	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2025	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2026	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2027	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2028	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2029	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2030	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2031	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2032	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Alternativa de Proyecto 2- Otros Beneficios Netos: Concreto Asfáltico en Caliente

País	Nicaragua
Camino	Mejoramiento de la Carretera

Proyecto	Nueva Guinea - La Esperanza
Alternativa	Concreto Asfáltico en Caliente

Año	Tránsito Derivado		Beneficios Exógenos Netos: (MUS\$/año)						Otros
	Tránsito Diario (veh/día)	Beneficios Netos (MUS\$/año)						Beneficios	Beneficios Netos Totales (MUS\$/año)
			Servicios Sociales	Impacto Ambiental	Otro	Otro	Otro	Exógenos NetosTotales	
2013	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2020	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2021	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2022	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2023	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2024	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2025	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2026	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2027	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2028	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2029	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2030	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2031	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2032	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

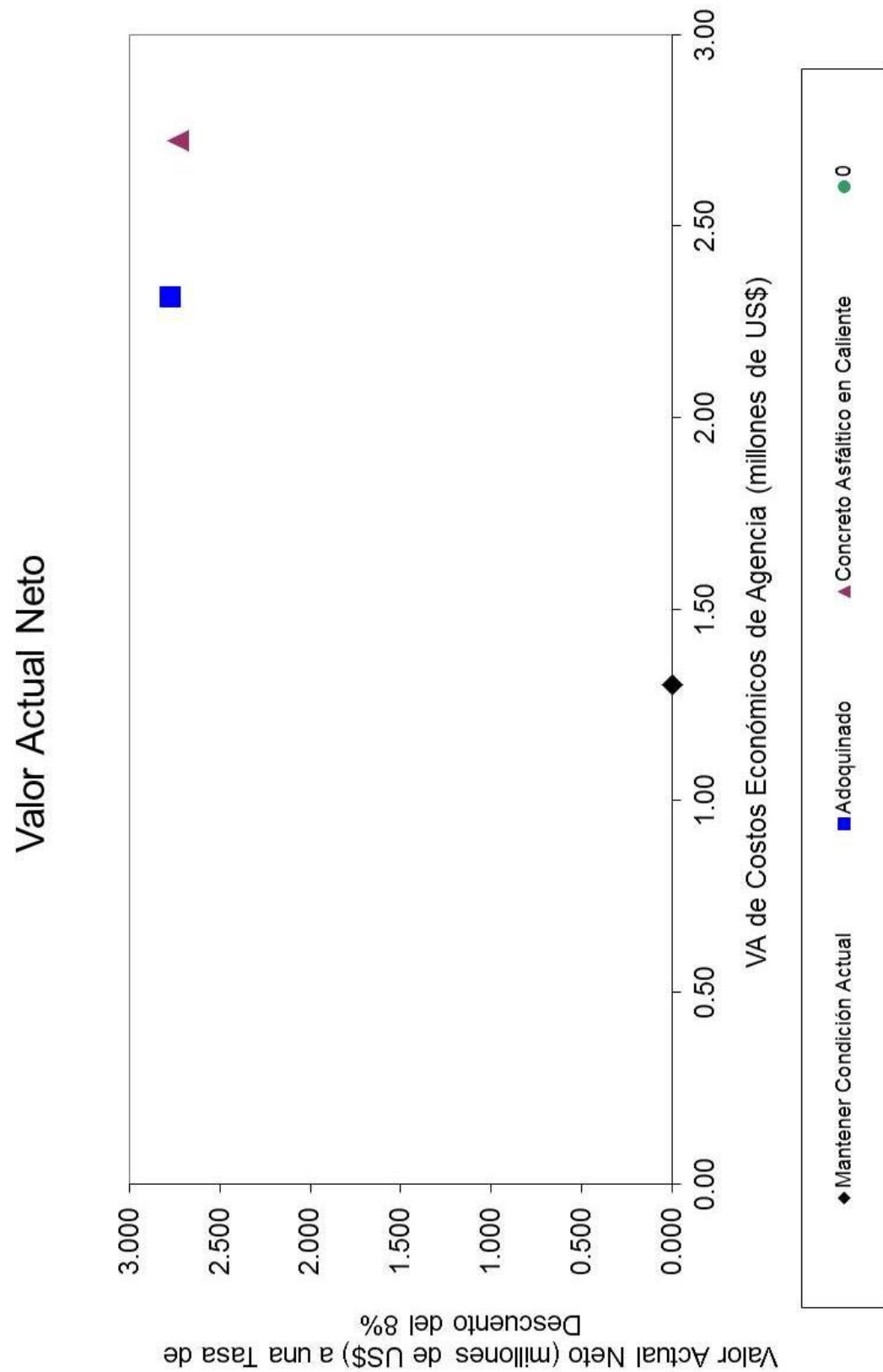
ANEXO V-B: HOJAS DE SALIDA RED MODEL.

SUB RASANTE MEJORADA

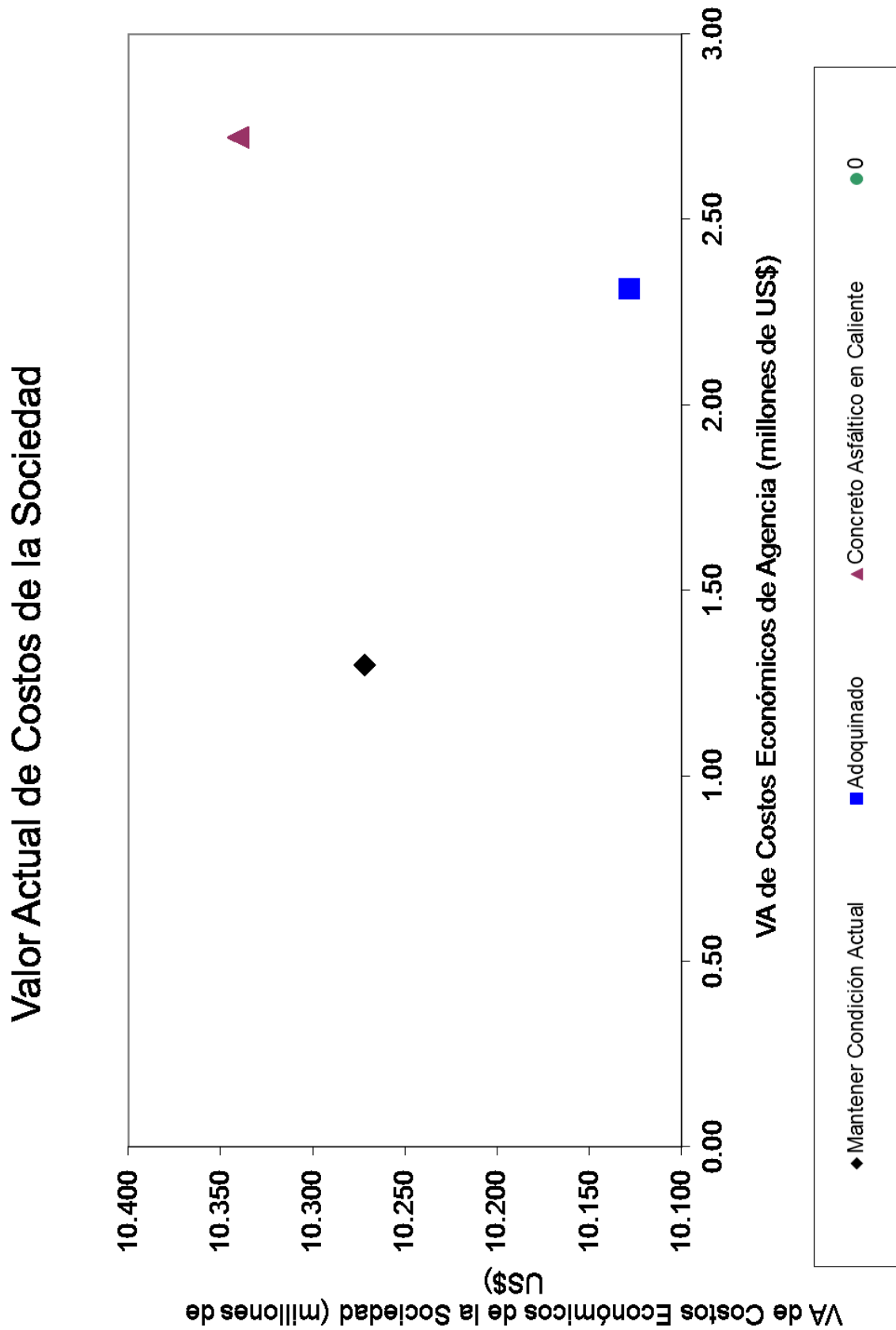
Alternativas de Proyecto - Solución

	País Proyecto Camino	Nicaragua Mejoramiento de la Carretera Nueva Guinea - La Esperanza	Posibles Alternativas de Proyecto		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
			Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
Mantener Condición Actual			Adoquinado	Concreto Asfáltico en Caliente	0
Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa Interna de Retorno (%)	0.000 #N/A		2.778 23%	2.731 21%	#N/A #N/A
Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 8% (%)	0 #N/A		23603 13%	23205 13%	#N/A #N/A
Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción) Valor Actual Neto por VA de Costos Económicos de Agencia (proporción) Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)	0.00 0.00 0.00		1.42 1.20 0.17	1.23 1.00 0.17	#N/A #N/A #N/A
Costos Financieros de Inversión (millones de US\$)	0.00		2.30	2.62	0.00
VA de Costos Económicos de Agencia (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Normal (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Generado (millones de US\$) VA de Costos Económicos de la Sociedad (millones de US\$)	1.30 8.97 0.00 10.27		2.31 5.68 2.14 10.13	2.72 5.42 2.20 10.34	#N/A #N/A #N/A #N/A
Número de Muertes por km-año Después de la Inversión	0.0000		0.0000	0.0000	#DIV/0!
Inversión por Población Servida (US\$/persona) Población Servida por Inversión (personas/1000US\$)	0 0.0		382.269924 2.6	435.6847617 2.3	0 0.0

SUB RASANTE MEJORADA



SUB RASANTE MEJORADA



SUB RASANTE MEJORADA

Viabilidad Económica: Adoquinado

País		Nicaragua		Proyecto		Mejoramiento de la Carretera		04/12/2012	
Camino		Nueva Guinea - La Esperanza		Alternativa		Adoquinado			
Alternativas		Tipo de Terreno		Tipo de Camino		Dur. de la Est. Húmeda			
Sin Proyecto		B: Ondulado		Y: Ripio		(días/año)		183	
Proyecto		B: Ondulado		X: Pavimento					
Alternativas		Estación Secca		Estación Húmeda					
		Longitud (km)	Longitud (km)	Rugosidad (IRI)	Rugosidad (IRI)				
Sin Proyecto		11.1	11.1	14.1	14.1				
Proyecto		11.1	11.1	4.5	4.5				
Alternativas		Inversión Económica		Accidentes					
		(años)	(años)	(#/m veh-km)	(#/m veh-km)				
Sin Proyecto		0	0.00	11.05	0.00				
Proyecto		1	175.78	3.40	0.00				
Alternativas		Composición del Tránsito en el Año 2013 (%)							
		33%	9%	0%	2%	6%	12%	35%	2%
Sin Proyecto		Tiempo Medio de Viaje (horas)							
		00:14	00:14	00:14	00:17	00:16	00:15	00:15	00:18
Proyecto		00:08	00:08	00:08	00:10	00:10	00:09	00:08	00:09
Alternativas		Beneficios Económicos Netos		Análisis de Sensibilidad					
		Beneficios de Agencia		Beneficios de Usuario*					
		Inversión	Costos de Mantenimiento	Transito Normal	Transito Generado	Seguridad del Camino	Otros Beneficios	Total	
		(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)
2013		-1.951	0.000	0.000000	0.000000	0.000	0.000	-1.9512013	-2.439
2014		0.000	0.085	0.095478	0.035753	0.0181699	0.000	0.4250899	0.361
2015		0.000	0.085	0.097932	0.0366742	0.0186369	0.000	0.4338324	0.368
2016		0.000	0.085	0.200704	0.100448	0.0376167	0.0191159	0.000	0.4427995
2017		0.000	0.085	0.205862	0.103030	0.0385834	0.0196072	0.000	0.4519972
2018		0.000	0.085	0.211152	0.105678	0.0395750	0.0201111	0.000	0.4614312
2019		0.000	0.085	0.216579	0.108394	0.0405921	0.0206279	0.000	0.4711076
2020		0.000	0.085	0.222145	0.111799	0.0416353	0.0211581	0.000	0.4810328
2021		0.000	0.085	0.227854	0.114037	0.0427054	0.0217018	0.000	0.4912130
2022		0.000	0.085	0.233710	0.116968	0.0438029	0.0222596	0.000	0.5016549
2023		0.000	0.085	0.239716	0.119974	0.0449286	0.0228316	0.000	0.5123651
2024		0.000	0.085	0.245877	0.123057	0.0460833	0.0234184	0.000	0.5233506
2025		0.000	0.085	0.252196	0.126219	0.0472676	0.0240202	0.000	0.5346184
2026		0.000	0.085	0.258677	0.129463	0.0484824	0.0246376	0.000	0.5461757
2027		0.000	0.085	0.265325	0.132791	0.0497284	0.0252708	0.000	0.5580301
2028		0.000	0.085	0.272144	0.136203	0.0510064	0.0259202	0.000	0.5701892
2029		0.000	0.085	0.279138	0.139704	0.0523173	0.0265864	0.000	0.5826607
2030		0.000	0.085	0.286312	0.143294	0.0536618	0.0272696	0.000	0.5954528
2031		0.000	0.085	0.293671	0.146977	0.0550410	0.0279705	0.000	0.6085736
2032		0.000	0.085	0.301218	0.150754	0.0564555	0.0286893	0.000	0.6220317
2.6% Crecimiento		Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 8%		2.7781					
		Tasa Interna de Retorno (%)		23%					
		Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 8%		23603					
		Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 8% (%)		13%					
		Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción)		1.42					
		Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)		0.17					
		Período de Evaluación (años)		20					

SUB RASANTE MEJORADA

Impacto sobre el usuario: Adoquinado

País			Nicaragua			Proyecto			Mejoramiento de la Carretera			04/12/2012		
Camino			Nueva Guinea - La Esperanza			Alternativa			Adoquinado					
Alternativas		Descripción		Tipo de Terreno		Tipo de Camino								
Sin Proyecto	Mantener Condición Actual	Sin Ondulado	B: Ondulado	Sin Ondulado	B: Ondulado	Y: Ripio	X: Pavimento					Dur. de la Est. Húmeda (días/año)		
Proyecto	Adoquinado											183		
Alternativas		Estación Seca		Estación Húmeda		Automóvil Mediano		Velocidades Medias (km/hr)		Camión Mediano		Camión Articulado		
		Longitud (km)	Rugosidad (IRI)	Longitud (km)	Rugosidad (IRI)	de Reparto	Autobús Livano	Autobús Mediano	Autobús Pesado	Camión Livano	Camión Mediano	Camión Pesado	Articulado	
		11.1	14.1	11.1	14.1	44.4	45.0	39.1	39.7	42.7	42.9	41.2	36.6	
		11.1	4.5	11.1	4.5	79.6	80.3	62.1	62.5	70.9	71.1	74.8	67.2	
Sin Proyecto														
Proyecto														
Alternativas		Inversión Económica (años)		Mantenim. Econ. (años)		Accidentes (#/m veh-km)		Tiempo Medio de Viaje (horas)						
		0	0.00	11.05	0.00	00:14	00:14	00:17	00:16	00:15	00:15	00:16	00:18	
		1	175.78	3.40	0.00	00:08	00:08	00:10	00:10	00:09	00:09	00:08	00:09	
Sin Proyecto														
Proyecto														
Composición del Tránsito en el Año 2013 (%)														
33% 9% 0% 2% 6% 12% 35% 0% 2%														
Tiempo Medio de Viaje (horas)														
00:14 00:14 00:14 00:16 00:15 00:15 00:15 00:16 00:15 00:15 00:15 00:16 00:15 00:18														
00:08 00:08 00:08 00:10 00:10 00:09 00:09 00:10 00:09 00:09 00:09 00:08 00:09 00:09														
Costos Financieros de Viaje Unitarios (Dólares 2013)														
Ahorro de C.U.C. Económicos		Sin Proyecto		Con Proyecto		Variación								
		VOC (US\$/veh-viaje)	TIEMPO (US\$/veh-viaje)	TOTAL (US\$/veh-viaje)	VOC (US\$/veh-viaje)	TIEMPO (US\$/veh-viaje)	TOTAL (US\$/veh-viaje)	VOC (US\$/veh-viaje)	TIEMPO (US\$/veh-viaje)	TOTAL (US\$/veh-viaje)	VOC (%)	TIEMPO (%)	TOTAL (%)	
		2.76	0.42	3.18	1.78	0.24	2.02	-0.98	-0.18	-1.16	-36%	-44%	-37%	
		4.04	0.47	4.51	2.47	0.26	2.73	-1.58	-0.21	-1.79	-39%	-44%	-40%	
		3.12	2.52	5.64	2.03	1.41	3.44	-1.09	-1.11	-2.20	-35%	-44%	-39%	
		5.64	10.95	16.59	3.59	6.89	10.48	-2.05	-4.07	-6.12	-36%	-37%	-37%	
		8.76	43.57	52.33	5.24	27.66	32.90	-3.52	-15.90	-19.42	-40%	-36%	-37%	
		5.89	0.00	5.89	3.68	0.00	3.68	-2.21	0.00	-2.21	-37%	0%	-37%	
		8.62	0.00	8.62	5.54	0.00	5.54	-3.08	0.00	-3.08	-36%	0%	-36%	
		11.13	0.00	11.13	7.36	0.00	7.36	-3.77	0.00	-3.77	-34%	0%	-34%	
		17.77	0.00	17.77	11.18	0.00	11.18	-6.60	0.00	-6.60	-37%	0%	-37%	
Costos Financieros de Viaje Anuales (M Dólares)														
Tránsito Diario en el 2002 (veh/día)		Sin Proyecto		Con Proyecto		Variación								
		VOC (MUS\$/año)	TIEMPO (MUS\$/año)	TOTAL (MUS\$/año)	VOC (MUS\$/año)	TIEMPO (MUS\$/año)	TOTAL (MUS\$/año)	VOC (MUS\$/año)	TIEMPO (MUS\$/año)	TOTAL (MUS\$/año)	VOC (%)	TIEMPO (%)	TOTAL (%)	
		0.090	0.014	0.103	0.058	0.008	0.065	-0.032	15%	-0.006	5%	-0.038	11%	
		0.035	0.004	0.040	0.022	0.002	0.024	-0.014	6%	-0.002	2%	-0.016	5%	
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0%	0.000	0%	0.000	0%	
		0.012	0.024	0.036	0.008	0.015	0.023	-0.004	2%	-0.009	8%	-0.013	4%	
		0.051	0.254	0.306	0.031	0.162	0.192	-0.021	9%	-0.093	85%	-0.113	35%	
		0.071	0.000	0.071	0.044	0.000	0.044	-0.027	12%	0.000	0%	-0.027	8%	
		0.296	0.000	0.296	0.190	0.000	0.190	-0.106	48%	0.000	0%	-0.106	32%	
		0.004	0.000	0.004	0.003	0.000	0.003	-0.001	1%	0.000	0%	-0.001	0%	
		0.039	0.000	0.039	0.024	0.000	0.024	-0.014	7%	0.000	0%	-0.014	4%	
		0.598	0.296	0.894	0.379	0.187	0.566	-0.219	100%	-0.110	100%	-0.328	100%	
Total		269												

SUB RASANTE MEJORADA

Distribución de Beneficios: Adoquinado

País		Nicaragua		Proyecto		Mejoramiento de la Carretera		04/12/2012							
Camino		Nueva Guinea - La Esperanza		Alternativa		Adoquinado									
Alternativas		Descripción		Tipo de Terreno		Tipo de Camino		Dur. de la Est. Húmeda (días/año)							
Sin Proyecto		Mantener Condición Actual		B: Ondulado		Y: Ripio		183							
Proyecto		Adoquinado		B: Ondulado		X: Pavimento									
Alternativas	Sin Proyecto	Proyecto	Estación Seca	Estación Húmeda	Longitud (km)	Rugosidad (IRI)	Automóvil Mediano de Reparto	Autobús Liviano	Autobús Pesado	Camión Liviano	Camión Mediano	Camión Pesado	Camión Articulado		
Alternativas	Sin Proyecto	Proyecto	Longitud (km)	Rugosidad (IRI)	Velocidades Medias (km/hr)	33%	9%	44.4	45.0	39.1	62.1	71.1	74.8	36.6	67.2
Composición del Tránsito en el Año 2013 (%)															
Alternativas	Sin Proyecto	Proyecto	Inversión Económica (años)	Económica (000US\$/km)	Mantenim. Econ. (000US\$/km/año)	Accidentes (#/m veh-km)	0.00	00:14	00:14	00:17	00:16	00:15	00:15	00:16	00:18
Alternativas	Sin Proyecto	Proyecto	1	175.78	3.40	0.00	00:08	00:08	00:08	00:10	00:10	00:09	00:09	00:08	00:09
Beneficios Económicos Netos															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															
Beneficios de Usuario Totales															
Valor Actual (millones de US\$) al 8%															

SUB RASANTE MEJORADA

Sensibilidad: Adoquinado

[illegible]

SUB RASANTE MEJORADA

Valores Intercambiados: Adoquinado

[illegible]

ANEXO V-C: RESULTADOS EVALUACION ECONOMICA ALTERNATIVA SUB RASANTE ACTUAL.

Alternativas de Proyecto - Solución

País	Nicaragua
Proyecto	Mejoramiento de la Carretera
Camino	Nueva Guinea - La Esperanza

	Alternativa Sin Proyecto	Posibles Alternativas de Proyecto	
	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
	Mantener Condición Actual	Adoquinado	Mezcla Asfáltica en Caliente
Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa Interna de Retorno (%)	0.000 #N/A	2.564 21%	2.471 19%
Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 8% (%)	0 #N/A	21786 13%	20998 12%
Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción) Valor Actual Neto por VA de Costos Económicos de Agencia (proporción) Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)	0.00 0.00 0.00	1.18 1.01 0.16	1.00 0.83 0.15
Costos Financieros de Inversión (millones de US\$)	0.00	2.55	2.92
VA de Costos Económicos de Agencia (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Normal (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Generado (millones de US\$) VA de Costos Económicos de la Sociedad (millones de US\$)	1.30 8.97 0.00 10.27	2.53 5.68 2.14 10.34	2.98 5.42 2.20 10.60
Número de Muertes por km-año Después de la Inversión	0.0000	0.0000	0.0000
Inversión por Población Servida (US\$/persona) Población Servida por Inversión (personas/1000US\$)	0 0.0	424,1807236 2.4	486,5831306 2.1
			#DIV/0!
			0 0.0

ANEXO V-D: RESULTADOS EVALUACION ECONOMICA ALTERNATIVA SUB RASANTE MEJORADA.

Alternativas de Proyecto - Solución

País	Nicaragua
Proyecto	Mejoramiento de la Carretera
Camino	Nueva Guinea - La Esperanza

	Alternativa Sin Proyecto Alternativa 0	Posibles Alternativas de Proyecto	
		Alternativa 1	Alternativa 2
Mantener Condición Actual		Adoquinado	Concreto Asfáltico en Caliente
Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa Interna de Retorno (%)	0.000 #N/A	2.778 23%	2.731 21%
Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 8% Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 8% (%)	0 #N/A	23603 13%	23205 13%
Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción) Valor Actual Neto por VA de Costos Económicos de Agencia (proporción) Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)	0.00 0.00 0.00	1.42 1.20 0.17	1.23 1.00 0.17
Costos Financieros de Inversión (millones de US\$)	0.00	2.30	2.62
VA de Costos Económicos de Agencia (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Normal (millones de US\$) VA de Costos Económicos de Usuario de Tránsito Generado (millones de US\$) VA de Costos Económicos de la Sociedad (millones de US\$)	1.30 8.97 0.00 10.27	2.31 5.68 2.14 10.13	2.72 5.42 2.20 10.34
Número de Muertes por km-año Después de la Inversión	0.0000	0.0000	0.0000
Inversión por Población Servida (US\$/persona) Población Servida por Inversión (personas/1000US\$)	0 0.0	382.269924 2.6	435.6847617 2.3
			#DV/01 0 0.0

ANEXO VI-A: COEFICIENTES DE ESCORRENTIA TIEMPOS DE CONCENTRACION

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Alcantarilla No. 1

A1

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	40.0%	0.81	20.0%	0.38	16.0%	4.0%	0.37
Entre 2-7 %	60.0%	0.81	30.0%	0.42	24.0%	6.0%	0.38
Mayor 7 %	0.0%	0.81	0.0%	0.46	0.0%	0.0%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	50%	0%	40%	10%	

Alcantarilla No. 2

A2

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	70.0%	0.81	24.5%	0.38	24.5%	14.0%	0.34
Entre 2-7 %	30.0%	0.81	10.5%	0.42	10.5%	6.0%	0.38
Mayor 7 %	0.0%	0.81	0.0%	0.46	0.0%	0.0%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	35%	10%	35%	20%	

Alcantarilla No. 3

A3

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	25.0%	0.81	6.3%	0.38	11.3%	7.5%	0.39
Entre 2-7 %	45.0%	0.81	11.3%	0.42	20.3%	13.5%	0.38
Mayor 7 %	30.0%	0.81	7.5%	0.46	13.5%	9.0%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	25%	0%	45%	30%	

Alcantarilla No. 4

A4

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	10.0%	0.81	1.0%	0.38	3.0%	6.0%	0.39
Entre 2-7 %	70.0%	0.81	7.0%	0.42	21.0%	42.0%	0.38
Mayor 7 %	20.0%	0.81	2.0%	0.46	6.0%	12.0%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	10%	0%	30%	60%	

Alcantarilla No. 5

A5

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	0.0%	0.81	0.0%	0.38	0.0%	0.0%	0.41
Entre 2-7 %	85.0%	0.81	12.8%	0.42	68.0%	4.3%	0.38
Mayor 7 %	15.0%	0.81	2.3%	0.46	12.0%	0.8%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	15%	0%	80%	5%	

Alcantarilla No. 6

A6

Area Pend	Pendiente %	Porcentaje Urbana C	Porcentaje Pasto C	Cultivo C	Porcentaje Matorral C	Porcentaje Bosque C	Ponderado
Menor 2 %	15.0%	0.81	1.5%	0.38	9.8%	0.0%	0.40
Entre 2-7 %	80.0%	0.81	8.0%	0.42	52.0%	0.0%	0.38
Mayor 7 %	5.0%	0.81	0.5%	0.46	3.3%	0.0%	0.43
Cubierta %	100.0%	0%	10%	25%	65%	0%	

TABLA RESUMEN Y CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

N°	Nombre Campo	Coef Escor.	Area Kms²	Long. Cauce		Elev.Superior Msnm	Elev.Inferior msnm	Diferencia		T.Conc. Horas	T.Conc.Real Horas
				Kms	Millas			Mts	Pies		
1	A1	0.37	0.0147	0.11	0.07	169.00	165.00	4.00	13.12	0.04	0.08
2	A2	0.34	0.6330	1.36	0.85	190.00	156.00	34.00	111.52	0.35	0.35
3	A3	0.39	1.3030	1.69	1.06	148.00	142.00	6.00	19.68	0.88	0.88
4	A4	0.39	0.0527	0.24	0.15	170.00	159.00	11.00	36.08	0.07	0.08
5	A5	0.41	0.0652	0.16	0.10	170.00	165.00	5.00	16.40	0.06	0.08
6	A6	0.40	0.0562	0.24	0.15	177.00	170.00	7.00	22.96	0.08	0.08

ANEXO VI-B: CURVAS IDF NUEVA GUINEA PARAMETROS DE AJUSTE

CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA NUEVA GUINEA



INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DURACION EN MINUTOS ESTACION: NUEVA GUINEA PERIODO: 1970-2000							
AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1970	150.0	120.0	112.0	70.8	40.0	15.7	4.7
1971	186.0	122.2	78.8	46.6	31.8	19.7	6.2
1972	122.4	103.8	90.4	81.6	28.0	16.4	7.0
1973	138.0	103.8	90.4	81.6	37.4	28.8	16.0
1974	128.4	116.4	116.0	70.6	44.8	32.0	1.0
1975	112.8	107.4	92.4	63.8	50.4	24.3	14.5
1976	100.8	67.2	64.8	45.2	27.1	18.9	7.2
1977	108.0	71.0	69.2	42.8	26.8	20.8	12.0
1978	150.0	120.0	104.0	82.0	63.6	59.8	25.0
1979	62.4	43.2	31.6	23.6	14.6	9.0	6.0
1980	169.2	118.8	101.2	71.8	50.3	33.1	9.3
1981	116.4	93.6	79.2	57.8	41.5	21.8	1.7
1982	96.0	82.2	53.2	44.4	25.7	11.3	2.7
1983	158.4	129.6	96.8	54.4	28.1	20.4	15.2
1984	112.8	76.2	64.8	48.6	33.9	24.1	6.6
1985	116.4	79.2	60.4	55.6	42.3	30.4	1.8
1986	116.4	100.2	92.4	57.2	41.8	28.8	8.4
1987	120.0	105.0	94.0	63.2	53.5	29.0	6.4
1988	183.6	117.0	102.0	96.6	60.6	36.0	18.0
1989	70.8	51.0	50.0	49.6	46.6	27.6	15.0
1990	103.2	81.0	77.6	58.8	42.1	22.3	11.0
1991	144.0	120.0	88.0	64.0	50.0	39.0	19.5
1992	175.0	120.0	112.0	80.0	55.0	35.2	17.6
1993	165.0	121.3	95.2	65.2	39.4	20.7	10.4
1994	108.0	81.6	76.4	57.0	29.9	17.9	9.0
1995	115.2	111.6	86.4	53.4	28.8	20.6	10.3
1996	122.4	97.2	80.0	68.6	60.8	44.6	22.3
1997	115.2	86.8	66.6	42.0	23.5	16.7	8.3
1998	100.0	60.0	54.8	30.0	23.7	12.7	7.7
1999	156.0	116.4	84.8	62.0	51.3	26.6	13.3
2000	123.6	120	110	66	61.8	38.7	15.2



COMPARACIONES ENTRE DESV. MAXIMA Y EL VALOR CRITICO DE KOLGOMOROV(KV) PARA EL AJUSTE ANALITICO A LA DISTRIBUCION DE GUMBELL TIPO I

DURACION MINUTOS	DESV. MAXIMA DM	KV	OBSV.
5	0.095	0.242	SAJ
10	0.185	0.242	SAJ
15	0.122	0.242	SAJ
30	0.077	0.242	SAJ
60	0.127	0.242	SAJ
120	0.061	0.242	SAJ
360	0.082	0.242	SAJ

SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI $DM < KV$, CON UN NIVEL DE SIGNIFICACION DE 0.05
 *NO SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI $DM > KV$

INTENSIDADES DE LLUVIA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO Y OBTENIDAS A TRAVES DEL AJUSTE ANALITICO

	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	111.7	85.1	72.5	51.7	33.8	20.2	7.5
2 años	122.4	93.7	79.8	57.3	38.4	24.0	9.6
5 años	148.8	114.7	97.6	71.1	49.8	33.1	14.9
10 años	166.3	128.6	109.4	80.2	57.3	39.2	18.4
15 años	176.2	136.5	116.0	85.4	61.6	42.6	20.4
25 años	188.4	146.2	124.3	91.8	66.8	46.9	22.9
50 años	204.6	159.3	135.4	100.3	73.9	52.6	26.2
100 años	221.1	172.2	146.3	108.8	80.9	58.2	29.4

PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA
 $I = A/(t+d)^b$

T: Años	r	A	d	b
1.5	-0.9991	1356.543	13.0	0.870
2	-0.9993	1353.179	14.0	0.831
5	-0.9993	951.951	10.0	0.699
10	-0.9992	900.264	9.0	0.654
15	-0.9991	852.763	8.0	0.627
25	-0.9991	815.106	7.0	0.600
50	-0.9989	734.022	5.0	0.557
100	-0.9982	658.581	3.0	0.517

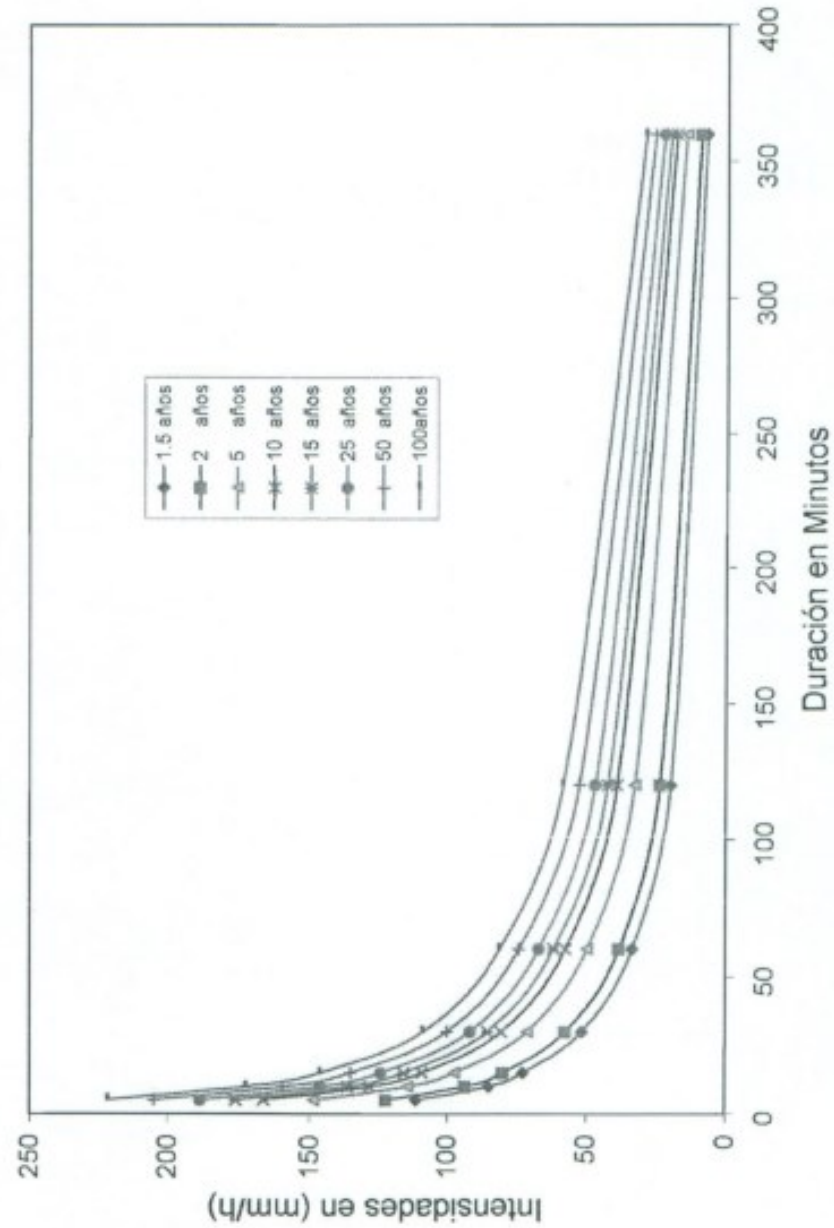
INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE
ESTACION: NUEVA GUINEA

	Tiempo en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	109.7	88.5	74.7	51.4	32.4	19.2	7.8
2 años	117.1	96.4	82.4	58.3	37.8	23.1	9.8
5 años	143.6	117.4	100.5	72.4	49.0	31.8	15.3
10 años	160.3	131.3	112.7	82.0	56.5	37.5	18.9
15 años	170.7	139.2	119.4	87.1	60.5	40.7	21.0
25 años	183.6	149.0	127.7	93.5	65.5	44.6	23.6
50 años	203.4	162.2	138.2	101.2	71.8	49.8	27.4
100 años	225.0	175.1	148.0	108.2	77.5	54.8	31.4



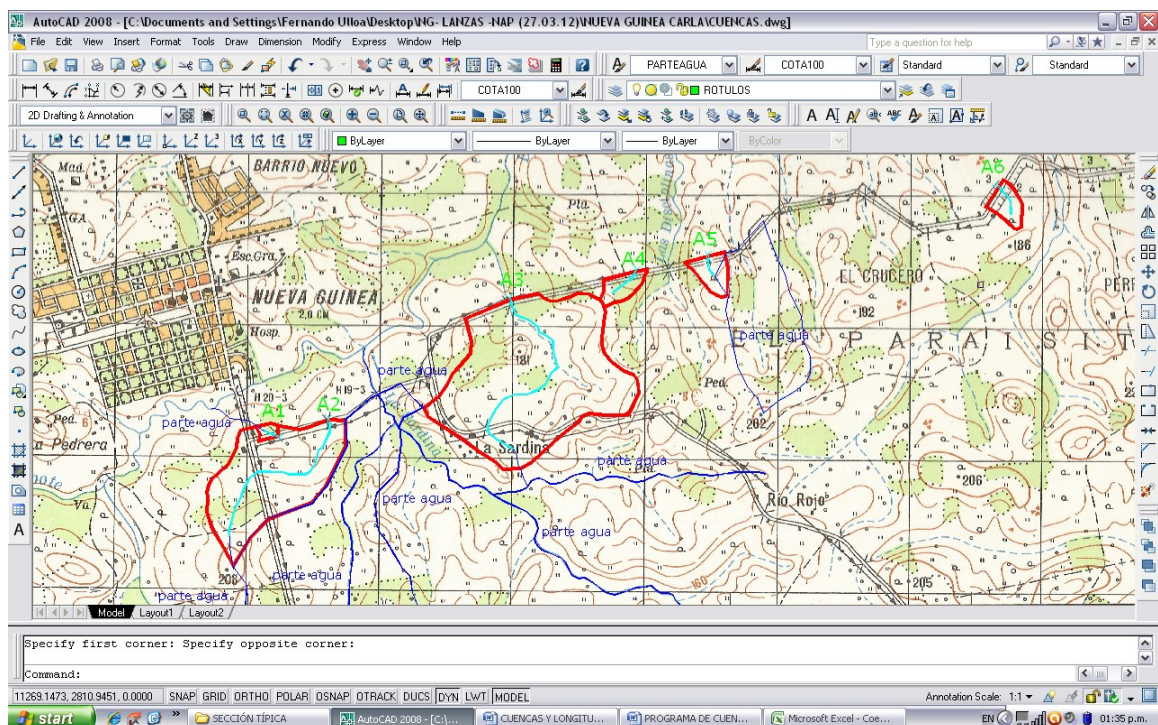
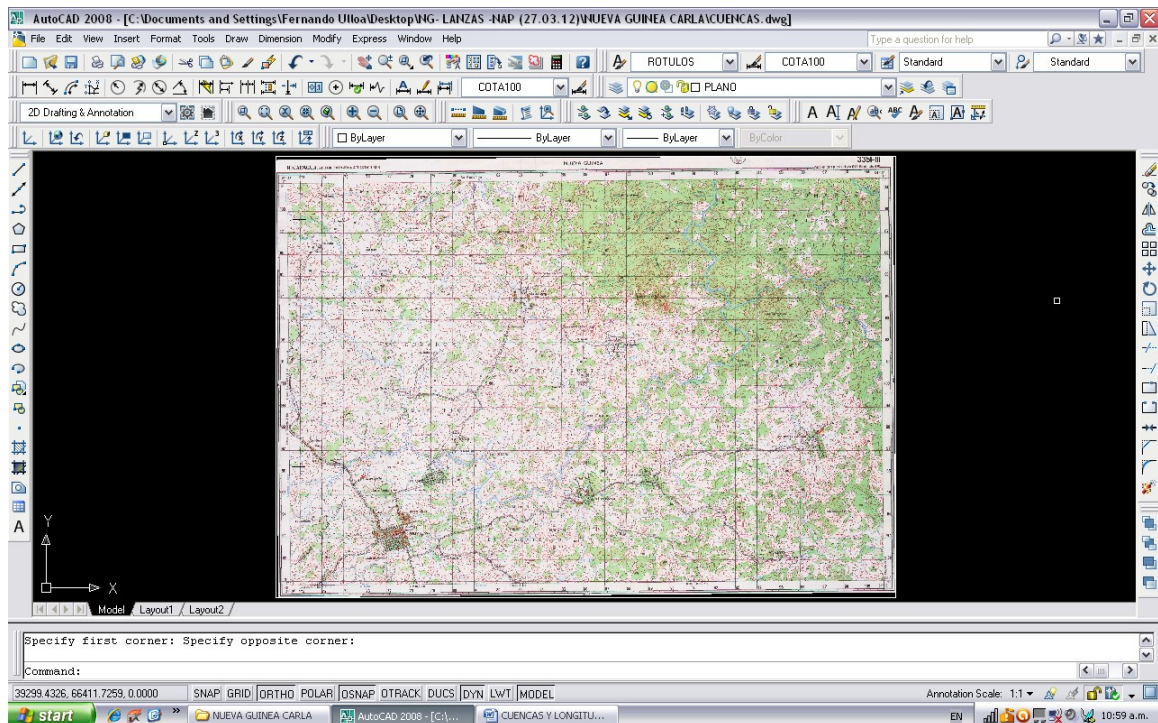


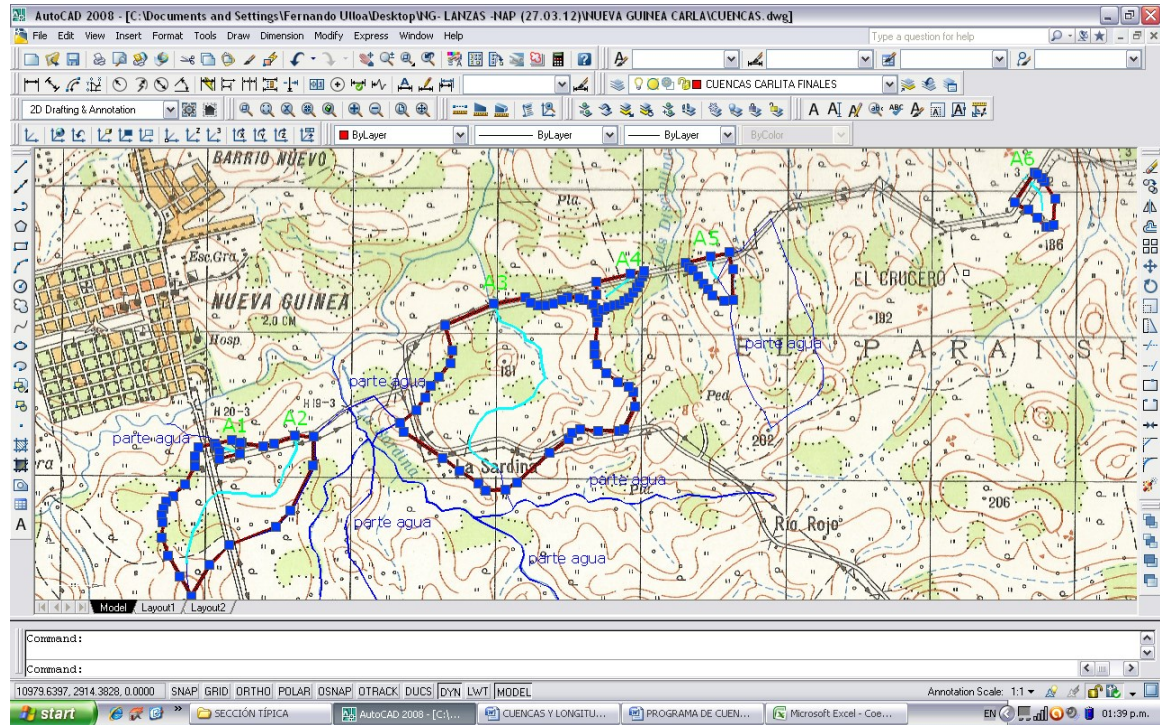
Cuvas de IDF no Ajustadas, Nueva Guinea
 Período: 1970 - 2000



ANEXO VI-C: AREAS DE LAS CUENCAS Y LONGITUDES EN AUTOCAD

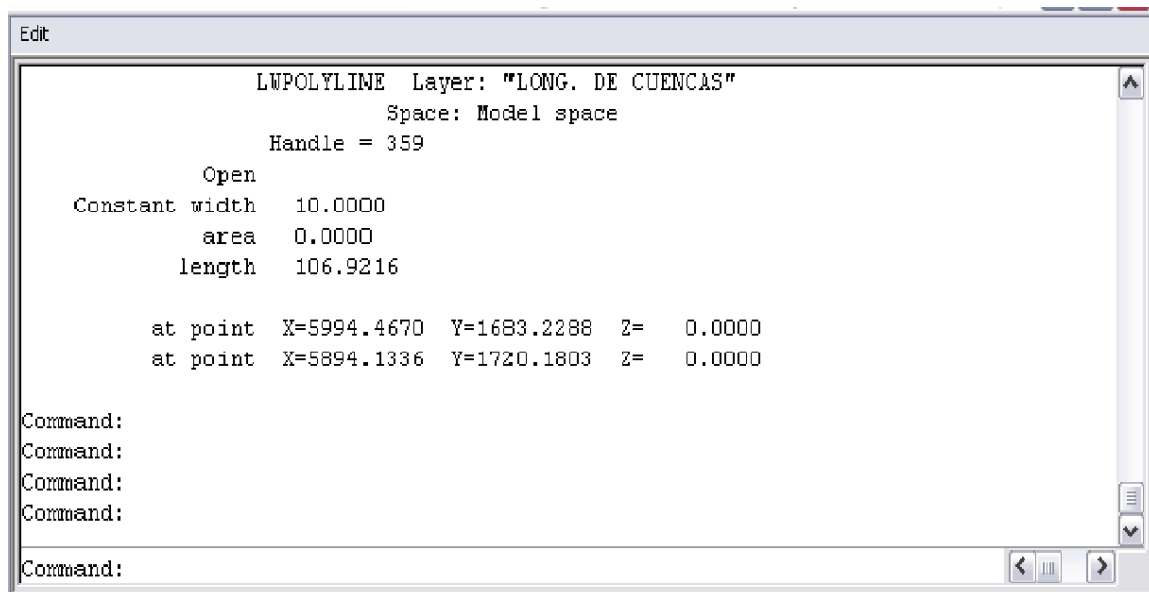
CÁLCULO DE ÁREA Y LONGITUD DE CUENCAS EN AUTOCAD 2008.





POSTERIORMENTE UTILIZANDO EL COMANDO LIST, CALCULAMOS EL ÁREA Y LONGITUD DE CADA CUENCA EN ANÁLISIS.

CUENCA 1



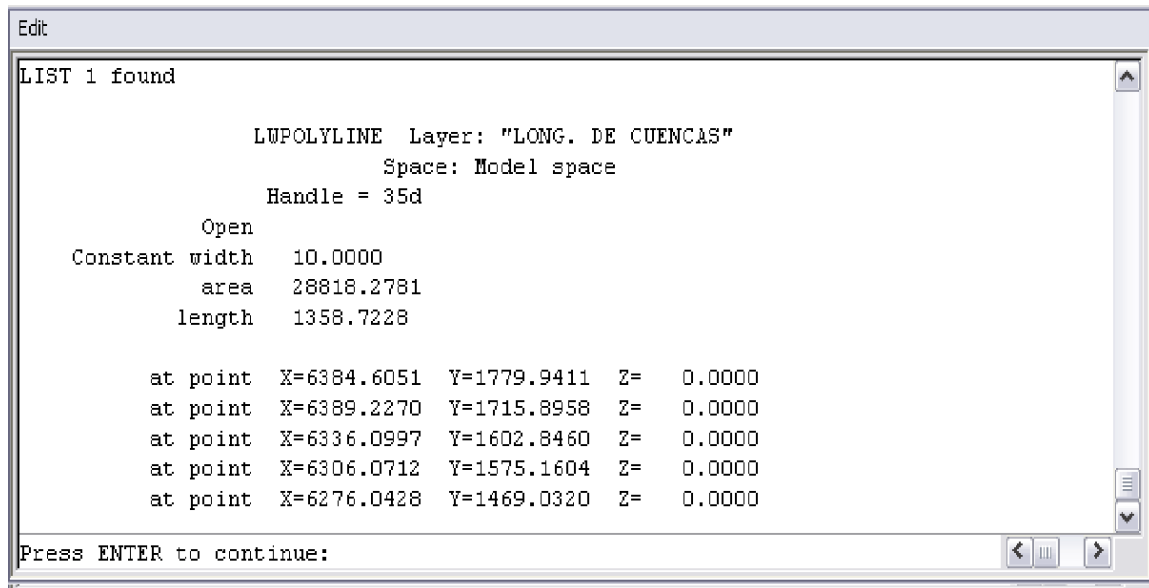
```

LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 35c
Open
Constant width 19.7009
area 14727.8958
length 507.7322

at point X=6001.0707 Y=1684.7611 Z= 0.0000
at point X=6002.7898 Y=1758.6916 Z= 0.0000
at point X=5949.2615 Y=1772.6389 Z= 0.0000
at point X=5833.3849 Y=1751.8653 Z= 0.0000
at point X=5844.4775 Y=1734.8916 Z= 0.0000
at point X=5864.5535 Y=1696.7924 Z= 0.0000
at point X=5861.5421 Y=1644.6567 Z= 0.0000
at point X=6001.0707 Y=1684.7611 Z= 0.0000

```

CUENCA 2



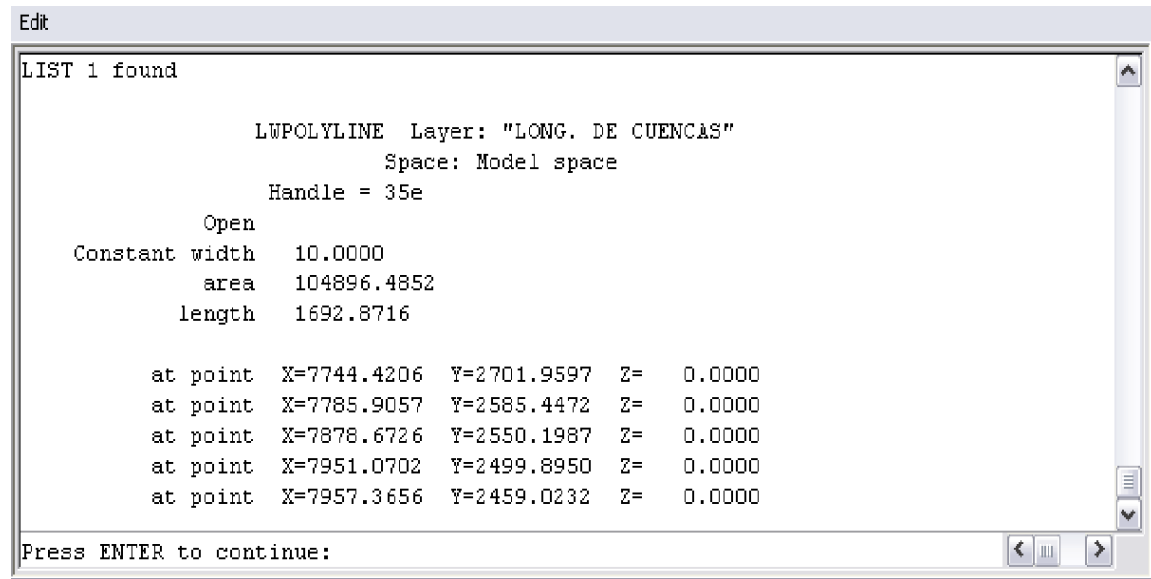
LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 35a

Closed

Constant width 20.0843
area 633482.2278
perimeter 3443.7020

at point X=6384.2368 Y=1804.2532 Z= 0.0000
at point X=6237.0185 Y=1748.4355 Z= 0.0000
at point X=6166.8070 Y=1730.1693 Z= 0.0000
at point X=6018.9290 Y=1754.4864 Z= 0.0000
at point X=5949.2615 Y=1772.6389 Z= 0.0000
at point X=5831.1297 Y=1751.4610 Z= 0.0000
at point X=5719.0559 Y=1724.2322 Z= 0.0000
at point X=5694.8237 Y=1663.7237 Z= 0.0000
at point X=5691.7946 Y=1594.1390 Z= 0.0000
at point X=5625.1562 Y=1470.0966 Z= 0.0000
at point X=5543.3726 Y=1394.4610 Z= 0.0000
at point X=5497.9373 Y=1355.1305 Z= 0.0000
at point X=5479.7631 Y=1306.7238 Z= 0.0000
at point X=5464.6180 Y=1261.3424 Z= 0.0000
at point X=5470.6761 Y=1212.9357 Z= 0.0000
at point X=5467.6248 Y=1109.4577 Z= 0.0000
at point X=5507.0021 Y= 985.4153 Z= 0.0000
at point X=5591.8147 Y= 843.2205 Z= 0.0000
at point X=5666.6857 Y= 706.1490 Z= 0.0000
at point X=5794.5968 Y= 919.7927 Z= 0.0000
at point X=5930.9515 Y=1055.9856 Z= 0.0000
at point X=6252.0190 Y=1178.9041 Z= 0.0000
at point X=6349.2453 Y=1293.8515 Z= 0.0000
at point X=6508.0030 Y=1599.4506 Z= 0.0000
at point X=6510.4614 Y=1798.2384 Z= 0.0000

CUENCA 3



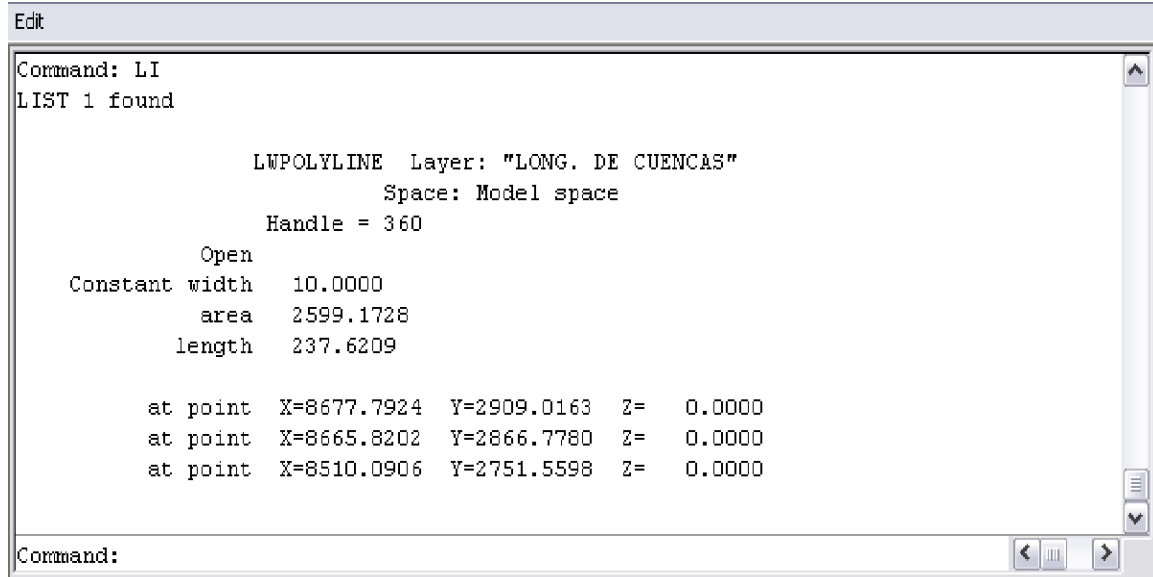
```

LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 35f
Open
Constant width 20.0602
area 1303605.5428
length 4774.6740

at point X=7961.7780 Y=2747.1281 Z= 0.0000
at point X=7744.4206 Y=2701.9597 Z= 0.0000
at point X=7407.7959 Y=2558.9300 Z= 0.0000
at point X=7455.3241 Y=2386.0718 Z= 0.0000
at point X=7443.2474 Y=2298.2044 Z= 0.0000
at point X=7364.5018 Y=2201.7295 Z= 0.0000
at point X=7307.6760 Y=2141.9941 Z= 0.0000
at point X=7270.2818 Y=2062.7023 Z= 0.0000
at point X=7209.5199 Y=1977.1095 Z= 0.0000
at point X=7097.9789 Y=1887.9826 Z= 0.0000
at point X=7124.7487 Y=1825.5939 Z= 0.0000
at point X=7387.8365 Y=1650.4377 Z= 0.0000
at point X=7505.8152 Y=1561.9585 Z= 0.0000
at point X=7637.8374 Y=1477.9993 Z= 0.0000
at point X=7686.9155 Y=1424.5232 Z= 0.0000
at point X=7823.2146 Y=1433.3893 Z= 0.0000
at point X=7905.5359 Y=1482.4556 Z= 0.0000
at point X=8124.1563 Y=1682.9910 Z= 0.0000
at point X=8258.0055 Y=1781.0305 Z= 0.0000
at point X=8281.9944 Y=1819.4432 Z= 0.0000
at point X=8334.6554 Y=1844.1954 Z= 0.0000
at point X=8461.1873 Y=1834.7763 Z= 0.0000
at point X=8603.0859 Y=1833.3073 Z= 0.0000
at point X=8637.1607 Y=1847.4727 Z= 0.0000
at point X=8713.8925 Y=2003.7070 Z= 0.0000
at point X=8702.1709 Y=2098.8937 Z= 0.0000
at point X=8671.1937 Y=2137.5690 Z= 0.0000
at point X=8598.3304 Y=2167.1239 Z= 0.0000
at point X=8514.6922 Y=2229.0045 Z= 0.0000
at point X=8452.7381 Y=2293.9791 Z= 0.0000
at point X=8432.6092 Y=2359.1463 Z= 0.0000
at point X=8437.2558 Y=2421.0269 Z= 0.0000
at point X=8454.8667 Y=2573.7171 Z= 0.0000
at point X=8459.1349 Y=2609.5277 Z= 0.0000
at point X=8441.9175 Y=2674.0352 Z= 0.0000
at point X=8418.6846 Y=2701.8815 Z= 0.0000
at point X=8361.3770 Y=2728.1807 Z= 0.0000
at point X=8330.3632 Y=2745.0302 Z= 0.0000
at point X=8252.4779 Y=2749.8663 Z= 0.0000
at point X=8211.1014 Y=2729.5600 Z= 0.0000
at point X=8149.1472 Y=2706.3548 Z= 0.0000
at point X=8096.3177 Y=2690.8008 Z= 0.0000
at point X=8046.7543 Y=2690.8008 Z= 0.0000
at point X=7997.1910 Y=2712.4590 Z= 0.0000
at point X=7961.7780 Y=2747.1281 Z= 0.0000

```

CUENCA 4

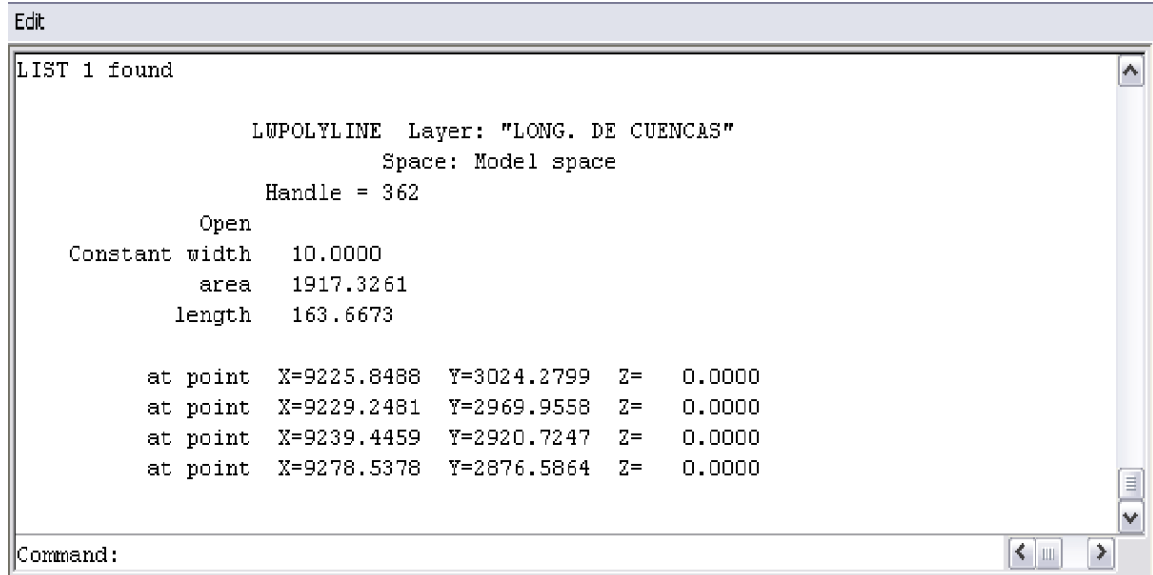


LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 361

Closed
Constant width 19.8186
area 52759.6388
perimeter 1004.7632

at point X=8677.5565 Y=2908.7813 Z= 0.0000
at point X=8448.0664 Y=2850.5514 Z= 0.0000
at point X=8449.2542 Y=2765.1351 Z= 0.0000
at point X=8420.7989 Y=2703.5253 Z= 0.0000
at point X=8443.8210 Y=2675.9315 Z= 0.0000
at point X=8452.3517 Y=2643.9703 Z= 0.0000
at point X=8489.6377 Y=2661.9238 Z= 0.0000
at point X=8527.6455 Y=2682.0915 Z= 0.0000
at point X=8566.8412 Y=2691.5822 Z= 0.0000
at point X=8606.0369 Y=2702.2593 Z= 0.0000
at point X=8638.1061 Y=2722.4270 Z= 0.0000
at point X=8666.6121 Y=2744.9674 Z= 0.0000
at point X=8695.1181 Y=2779.3712 Z= 0.0000
at point X=8724.8117 Y=2813.7749 Z= 0.0000
at point X=8740.2525 Y=2845.8060 Z= 0.0000
at point X=8756.8809 Y=2889.7005 Z= 0.0000
at point X=8768.7584 Y=2915.7999 Z= 0.0000
at point X=8769.9461 Y=2926.4770 Z= 0.0000

CUENCA 5

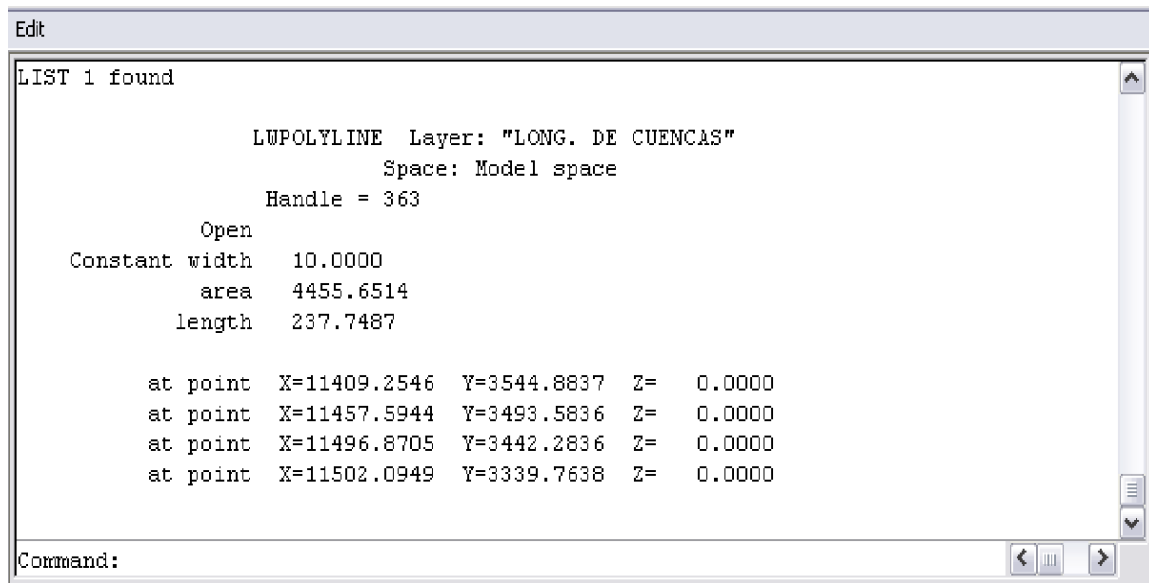


LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 365

Open
Constant width 20.0181
area 65258.9041
length 1077.5283

at point X=9053.2871 Y=2980.3576 Z= 0.0000
at point X=9081.6160 Y=2948.2896 Z= 0.0000
at point X=9104.2792 Y=2931.3125 Z= 0.0000
at point X=9142.0510 Y=2889.8128 Z= 0.0000
at point X=9179.8229 Y=2838.8814 Z= 0.0000
at point X=9210.0403 Y=2803.0407 Z= 0.0000
at point X=9243.2963 Y=2760.1281 Z= 0.0000
at point X=9322.9359 Y=2721.6814 Z= 0.0000
at point X=9380.0138 Y=2727.5867 Z= 0.0000
at point X=9380.0138 Y=2936.9716 Z= 0.0000
at point X=9355.4621 Y=3053.9253 Z= 0.0000
at point X=9225.8488 Y=3024.2799 Z= 0.0000
at point X=9053.2871 Y=2980.3576 Z= 0.0000

CUENCA 6

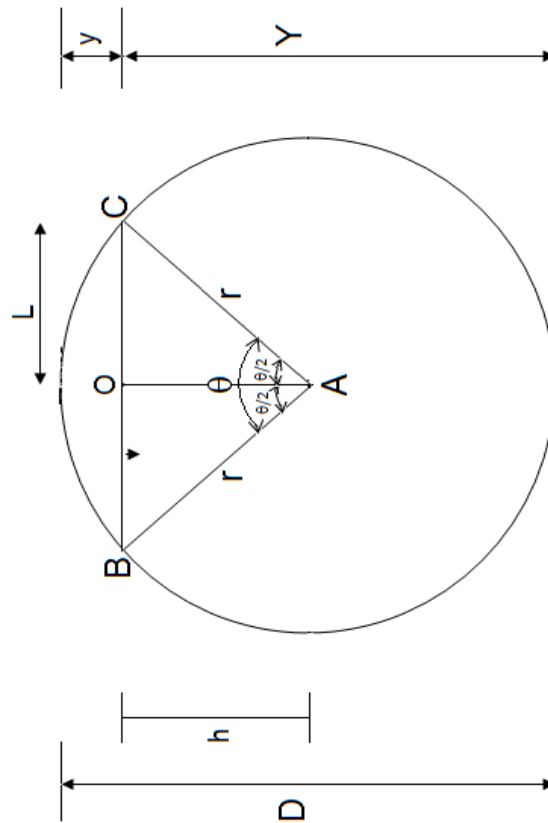


LWPOLYLINE Layer: "CUENCAS CARLITA FINALES"
Space: Model space
Handle = 364
Closed
Constant width 20.0662
area 56263.4141
perimeter 976.3271

at point X=11446.1542 Y=3598.1363 Z= 0.0000
at point X=11313.0202 Y=3395.7306 Z= 0.0000
at point X=11403.8207 Y=3342.3739 Z= 0.0000
at point X=11469.7986 Y=3287.0653 Z= 0.0000
at point X=11528.7075 Y=3230.5800 Z= 0.0000
at point X=11549.9147 Y=3228.2265 Z= 0.0000
at point X=11577.0127 Y=3242.3478 Z= 0.0000
at point X=11588.6840 Y=3419.5162 Z= 0.0000
at point X=11519.2821 Y=3535.3654 Z= 0.0000
at point X=11496.1320 Y=3558.2724 Z= 0.0000
at point X=11466.2641 Y=3583.6133 Z= 0.0000

**ANEXO VI-D:
CÁLCULO HIDRÁULICO
CAPACIDAD DE DESCARGA ALCANTARILLAS
EXISTENTES**

CALCULO HIDRÁULICO DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES



Alcant.	Diámetro		Radio		Y (m)	y (m)	h (m)	L (m)	$\theta/2$ (grados)	θ (grados)	PTc	PSabc	Pm	ATc	ASabc	ATabc	Ah	Rh	$S_o^{1/2}$	n	$Rh^{2/3}$	Vc	Qc
	pulg	m	pulg	m																			
A1	36	0.91	18	0.46	0.73	0.18	0.27	0.36	53.13	106.26	2.86	0.84	2.02	0.65	0.19	0.10	0.56	0.28	0.14	0.013	0.42	4.62	2.58
A2	36	0.91	18	0.46	0.73	0.18	0.27	0.36	53.13	106.26	2.86	0.84	2.02	0.65	0.19	0.10	0.56	0.28	0.14	0.013	0.42	4.62	2.58
A3	48	1.22	24	0.61	0.98	0.24	0.37	0.49	53.13	106.26	3.83	1.13	2.70	1.17	0.35	0.18	1.00	0.37	0.14	0.013	0.52	5.62	5.63
A4	30	0.76	15	0.38	0.61	0.15	0.23	0.30	53.13	106.26	2.39	0.70	1.68	0.45	0.13	0.07	0.39	0.23	0.14	0.013	0.38	4.10	1.59
A5	30	0.76	15	0.38	0.61	0.15	0.23	0.30	53.13	106.26	2.39	0.70	1.68	0.45	0.13	0.07	0.39	0.23	0.14	0.013	0.38	4.10	1.59
A6	36	0.91	18	0.46	0.73	0.18	0.27	0.36	53.13	106.26	2.86	0.84	2.02	0.65	0.19	0.10	0.56	0.28	0.14	0.013	0.42	4.62	2.58